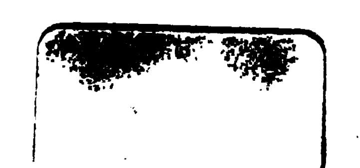
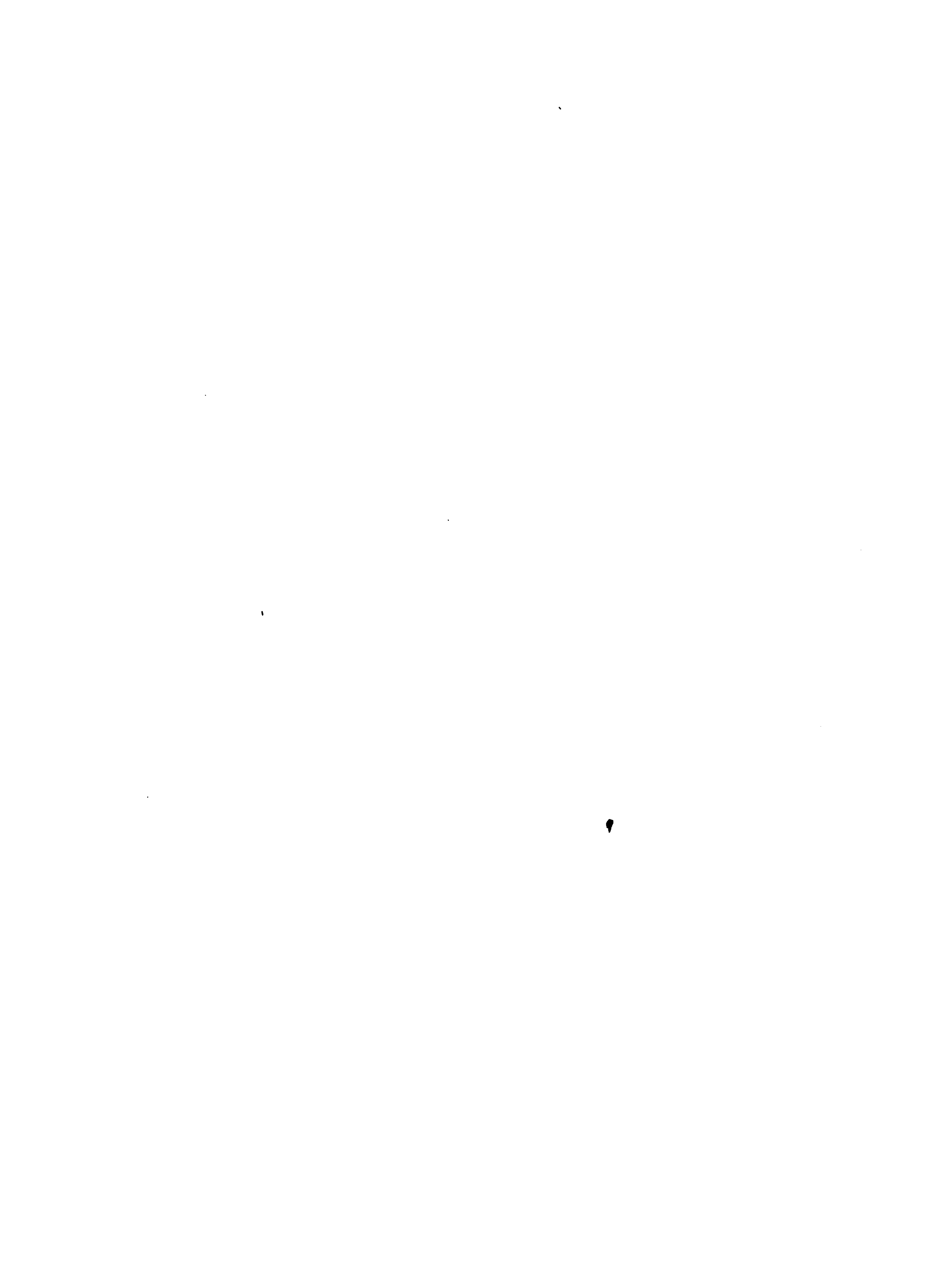












ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

ZWEIUNDDREISSIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND LEIPZIG.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1898.

Man wird füglich nicht erwarten dürfen, aus dem Nachfolgenden über jedes Kleidungsgewebe des Handels Aufschluss zu erlangen; aber es wird nicht schwierig sein, für jeden Typus geeignete Anhaltspunkte zur Beurtheilung zu finden.

Die Aufgabe gliedert sich in zwei grosse Theile: in die Betrachtung der Radikalsysteme der Bekleidung und in die Besprechung der Partialsysteme, nach der von mir a. O. gegebenen Definition; unter ersterem sind diejenigen Systeme verstanden, welche eine vollkommene, alle Kleidungstheile betreffende Neuordnung darstellen, unter letzteren jene reformatorischen Bestrebungen, welche nur die Aenderung eines Theiles unserer Kleidung für nothwendig erachten. Radikalsysteme sind nur das Wollen- und Leinensystem; Partialsysteme gibt es in grosser Zahl, denn nicht nur sind alle verschiedenen Grundstoffe als Unterkleidung empfohlen, sondern zahlreiche verschiedene Gewebe, ferner auch Combinationen zweier verschiedener Gewebe.

Ueber die anzuwendenden Methoden habe ich mich früher und im II. Theil ausführlich ausgelassen, so dass ich hier keine Gelegenheit nehme auch nur kursorisch auf diese Materie einzugehen.

Eine wissenschaftliche Behandlung der Gewebe für Systeme — Partial- wie Radikalsysteme — stellen sich insoferne Schwierigkeiten entgegen, als diese Waaren keineswegs gleichmässig hergestellt werden. Bei einer chemischen Substanz, einem pharmazeutischen Präparat kann man leicht den richtigen Stoff erhalten, nicht aber bei den uns interessirenden Waaren, zu deren Controle es früher geeignete Methoden überhaupt nicht gegeben hat. So werden die Gewebe eben nach den Geschäftsgewohnheiten zubereitet und fallen dann oft genug nach genauer Prüfung so ungleich aus, dass wesentliche Unterschiede ihrer Eigenschaften sich ergeben. Aehnlich verhält es sich in der Webweise; es kommen Stoffe im Handel vor, die grundverschieden sind in ihrer Eigenschaft, die aber doch als gleichwerthig im »System« gelten.

Ein Gegenstand rein empirischer Prüfung, auf den ich nicht näher eingehen kann, betrifft die Frage, wie sich ein Gewebe

bei längerem Tragen verändert, und wie es schliesslich aufgebraucht wird. Darüber kann im Einzelfall durch Specialuntersuchungen entschieden werden; im allgemeinen liess sich aber diese Frage doch nach meiner persönlichen Erfahrung ausreichend darlegen. Ungemein häufig wird namentlich die Unterkleidung der Reinigung unterworfen. Die dazu nöthigen Proceduren, Behandeln mit warmem Wasser, Mangeln, Bügeln u. s. w. verändern ziemlich merklich die Eigenschaften der Gewebe; man wird darüber bei den wichtigsten Stoffen in Folgendem die nöthigen Angaben nicht vermissen.

I. Radikalsysteme.

Die Wollbekleidung.

Wenn man von dem Wollsystem spricht, begegnet man vielfach der Meinung, es sei dies etwas ganz Originelles und Neuerdachtes; Wollkleidung gehört aber nicht ausschliesslich zu den Moden unserer Tage noch auch unseres Jahrhunderts. Als Ober- wie Unterkleidung war sie zeitweise in früheren Jahrhunderten vielfach in Gebrauch und auch heutzutage trägt die ganz überwiegende Menge der Bevölkerung zur Winterszeit und zum Mindesten als Oberkleidung wollene Gewebe. Zu Anfang dieses Jahrhunderts war ihre Benützung als Unterkleidung allerdings merkbar zurückgegangen.

Genau betrachtet sollte man nicht von einer Wollreform sprechen, denn diese Bewegung begnügt sich nicht, wie das Wort irrthümlich sagt, nur mit der ausnahmslosen Verwendung von Thierwolle, sondern verlangt die systematische Anwendung von Wolltrikotgeweben.

Wenn man auch der Meinung sein kann, der Wollreformbewegung als solcher hafteten ungemein viele Irrthümer, Uebertreibungen und Missverständnisse an, so soll doch nicht geleugnet werden, dass die Wolle, als Grundsubstanz betrachtet, ungemein viele, zum Theil durch anderes Material nur unvollkommen zu ersetzende Vorzüge zukommen. Sie liegen, wie ich näher dargethan habe, in der Eigenart des thierischen Haares, in der Besonderheit nämlich, dass jedes Haar auch in den fertigen Geweben gewisser-

maassen bestrebt ist, seine Selbständigkeit zu bewahren. So wird jeder Wollfaden an sich locker, das Gewebe ein Gewirre sich gegenseitig stützender Balken und Bälkchen, reich an Luft, weich und elastisch und die Berührungsfläche mit der Haut ist verschwindend klein, und zwischen Haut und Luft tritt die dicke Isolirschicht von Luft. Auch eine noch so schlechte Bearbeitung kann beim Wollstoff die günstigen Eigenschaften nicht ganz verdecken. Die Wollreform fordert Wolle in allen Theilen der Bekleidung, für Oberkleidung, Unterkleidung, Wolle für die Fussbekleidung, soweit angängig für die Kopfbedeckung und das Bett. Nicht jede Wolle hält man für gleich gut; als beste Wolle gilt die Kameelwolle.

Wenn sich das »System« nur mit der Einführung von allgemeiner Wollbekleidung befasste, könnte man sich natürlich in verschiedener Weise bekleiden; mit Kreppstoffen, Flanell, Cachemir, Loden u. s. w. dagegen legt aber das »System« ein Veto ein. Die wahre Wollreform verlangt ein Trikotgewebe.

Auch dies Trikotgewebe ist keine originelle Erfindung, denn seine Anordnung kommt den gestrickten Strümpfen ganz nahe und den gestrickten Jacken und Unterhemden, wie sie namentlich unsere Küstenbewohner an der Nord- und Ostsee seit Jahrhunderten tragen. Aber die Maschinenarbeit, die sorgfältige Auswahl des zu verspinnenden Materials bieten gewisse Vortheile hinsichtlich der Gleichmässigkeit der Gewebe.

Die Vorzüge der Wolle sind so durchschlagend, dass sie in den rauhen Klimaten immer in erster Linie zur Bekleidung wird herangezogen werden müssen. Unverkennbar ist auch der Nutzen von gutem Wollgewebe für eine von plötzlichen Veränderungen und groben Störungen freie Wärmeregulirung. Ich habe auch gezeigt, wie man die lockeren Gewebe, die aus Wolle hergestellt sind, als Kampfmittel gegen die Kälte benutzt.

Nach dieser kurzen Darlegung erhellt von selbst, dass man von hygienischer Seite keinen Grund hat, ein sogenannter »Wollgegner« zu sein, es frägt sich aber, und dies ist Aufgabe und Ziel der nachfolgenden Untersuchung, ob das Reformsystem einzig und allein berufen ist, auf den Namen eines rationellen

Systems Anspruch zu erheben. Es frägt sich weiter, ob das »Wollsystem« allen Aufgaben des täglichen Lebens in idealer Weise zu entsprechen vermag.

Als Ausgangsmaterial für unsere Betrachtungen nahm ich eine Reihe von Handelsgeweben, wie sie von einer Fabrik, die sich im allgemeinen mit der Herstellung von Normalgeweben beschäftigt, geliefert werden; ein Dutzend solcher Stoffproben werden ausreichend sein, um einen Einblick in die Verhältnisse zu gewinnen.[1]) Unter den im Handel vorkommenden Stoffen werden Sommerstoffe und Winterstoffe für die Unterkleidung und ferner Stoffe zur Oberkleidung unterschieden. Von den zur Unterkleidung benützten erwähne ich die sechs in dem Waarenverzeichnis aufgeführten. Ferner hatte ich einen Wolltrikot (ungestempelt) und zwei mit Stempel versehen zur Verfügung (7—9). Unter den zur Oberkleidung (10—12) benützten wählte ich den dicksten und den dünnsten und eine mittlere Sorte aus.

Die Herstellungsweise der Trikots ist nicht ganz gleich.

(Siehe Tabelle I auf Seite 6.)

Von den als Sommerstoff bezeichneten waren zwei Sorten »Chamois (gefärbt) und Dunkel Havanna« wenig weich, der dritte dagegen weicher. Die Winterstoffe waren sämmtlich von dem typischen Aussehen des Trikots, naturmelirt, weich.

Wie die Tabelle zeigt, haben die dünnsten Stoffe 0,46 mm Dicke, sie sind für Wollgewebe ungemein dicht. Der gleichfalls als Sommerstoff in den Handel gebrachte »Hell natur melirt« ist bereits fast doppelt so dick wie der vorgenannte.

Lockerer sind durchgängig die Winterstoffe, indem ihr spec. Gewicht zwischen 0,259 und 0,285 schwankt. Die Handelsbezeichnung Winter- und Sommerstoff hat gar keine durchgreifende Bedeutung; indem sowohl unter den

1) Von der Betrachtung sind vorläufig ausgeschlossen jene Fälle, bei welchen Wollhemden unter Leinen- oder Baumwollhemden getragen werden. Hierüber siehe später.

Sommerstoffen ein 0,822 mm dickes Gewebe und ein ebensodicker als Winterstoff aufgeführt wird, ein neuer Beweis, dass diese Bezeichnungen des Handels ganz willkürliche sind.

Tabelle I.

	Stoff	Dicke in mm	Flächengew. p. 1 qcm in g	Spec. Gewicht	Volum Luft in %	Volum feste Stoffe in %	
1	Chamois (Sommerstoff) . . .	0,462	0,020	0,432	66,8	33,2	Unter-kleidg.
2	Dunkel Havanna (Sommerstoff)	0,462	0,019	0,411	68,3	31,7	
3	Hell naturmelirt »	0,822	0,021	0,255	80,4	19,6	
4	Winterstoff, Qualität A . . .	1,270	0,033	0,259	80,1	19,9	Unter-kleidg.
5	» » B . .	0,822	0,023	0,279	78,5	21,5	
6	» K. K.	0,945	0,027	0,285	78,1	21,9	
7	Wolltrikot	1,12	0,0201	0,179	86,3	13,7	Unter-kleidung
8	» Jäger	1,254	0,0224	0,160	87,7	12,3	
8a	» »	1,442	0,0310	0,215	83,5	16,5	
9	Getragenes Wollhemd . .	1,925	0,0312	0,162	87,6	12,4	
10	Kameelhaarstoff	1,642	0,054	0,329	74,7	25,3	Ober-kleidg.
11	Grauer Jägerstoff	1,050	0,034	0,323	75,3	24,7	
12	Schwarzer »	2,075	0,046	0,221	83,0	17,0	

Der Wolltrikot und Jägertrikot, die wohl durchgängig benützten Waaren, hatten 1,1—1,44 mm Dicke, waren aber wesentlich weicher und lockerer als die bisher aufgeführten Gewebe.

Die zur Oberkleidung benützten Stoffe bewegten sich in der Dicke innerhalb der Grenzen, die man auch bei den sonst gebräuchlichen Tuchsorten, namentlich bei dem Militärtuch findet; dabei waren sie wesentlich dichter als der Wolltrikot und der Wolltrikot »Jäger«, den ich zur Untersuchung benutzt habe. Trägt man solch' einen »Normalstoff« über dem Wollhemde, so ist die äussere Lage der Kleidung wesentlich weniger luftdurchgängig wie die innere der Haut anliegende Schicht.

Ein Theil dieser Normalgewebe hat offenbar eine für Wollgewebe ungewöhnlich grosse Dichte, wodurch der Hauptvortheil

der Wolle, lockere Gespinnste zu ermöglichen, zu wenig ausgenützt erscheint.

Die lockeren Qualitäten (7—9), wie solche zu Hemden vielfach Verwendung finden, haben nach meinen Messungen und Erfahrungen eine Permeabilität, welche durchaus nicht zu gross, eher noch etwas zu gering ist, somit dürfen wir die noch dichteren Gewebe 1, 2, 5, 6 und die Stoffe der Oberkleidung 10, 11 als keineswegs allen Anforderungen genügend bezeichnen.

Da es kein Interesse hat, alle diese Handelswaaren eingehend in thermischer Hinsicht zu prüfen, so habe ich einige für die Experimente ausgewählt, nämlich den als Wolltrikot, und Wolltrikot »Jäger« bezeichneten und die zur Oberkleidung benutzten Trikotgewebe aus Wolle. Das Wärmehaltungsvermögen der verschiedenartigsten Handelsproducte wird nicht durch besondere der Wolle oder Webweise anhaftende Differenzen bedingt, sondern lässt sich, wenn Grundsubstanz und Webweise sich entsprechen, genügend ausreichend durch das spec. Gewicht erkennen und daraus ableiten.

Im Hinblick auf das Wärmehaltungsvermögen nehmen alle Wollgewebe, wie ich schon mehrfach gezeigt habe, eine günstige Stellung ein, da ja die Grundsubstanz wesentlich weniger gut leitet als die anderen Substanzen. Ich habe keinen Anhaltspunkt dafür gefunden, dass die verschiedenen Wollsorten und Haarsorten etwa ein ungleiches Wärmeleitungsvermögen besitzen.

Es kommt aber darauf für den praktischen Gebrauch weniger an, weil die durch den Grundstoff bedingten Ungleichheiten der Wärmeleitung weit übercompensirt werden, durch die Art der Fadenordnung in einem Gewebe, und durch die ungleiche Dicke und Dichte der Handelswaare.

Grössere Dichte wird bei den Wollgeweben namentlich dann angewendet, wenn ein dünnes Gewebe hergestellt wird, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil bei der geringen Dicke nicht immer die für das tägliche Leben genügende Festigkeit sich erzielen lässt, also wohl aus den gleichen Gründen, welche bei der Oberkleidung grössere Widerstandskraft erzielen soll.

Wie erwähnt, hat die Qualität der Wolle hinsichtlich eines geringeren oder besseren Wärmeleitungsvermögens keinen Einfluss; sie besitzt aber meines Erachtens einen solchen für den Aufbau der Gewebe.

Kammwolle lässt Webweisen zu, die mit anderer Wolle nicht zu erreichen sind und ebenso wird ein lockerer oder fester Faden, abgesehen von der Herstellungsweise noch von der Art, Dicke, Weichheit einer Haarsorte bedingt sein. Von diesen specifischen Eigenthümlichkeiten gewisser Wollsorten hat man bisher nur wenig Gebrauch gemacht. Der Fettgehalt der Wolle gehört zu deren wandelbaren Eigenschaften; er wirkt begünstigend auf das Leitungsvermögen d. h. erhöht dasselbe; in anderer Richtung kann er allerdings von Vortheil sein, weil er die minimalste Wassercapacität der Wolle erheblich herabsetzt.

Die Webweise ist von Einfluss auf den Wärmedurchgang, und so wichtig, dass geradezu der Vortheil, den die Verwendung eines bestimmten schlecht leitenden Grundstoffes bietet, wieder aufgehoben werden kann durch den erhöhten Wärmedurchgang, den eine gewisse Anordnung der Fasern eines Stoffs, d. h. sein charakteristisches Gewebe mit sich bringt. Die Seide leitet die Wärme besser wie Wolle; aber ein glattes Seidengewebe hält die Wärme besser zurück als ein Trikot aus Wolle. Baumwolle leitet weit besser als Seide, ein glattes Baumwollgewebe kann aber wärmehaltender sein als ein Seidentrikot und selbst einen Wolltrikot im typischen Leitungsvermögen erreichen.

Alle hier in Betracht kommenden Wollgewebe sind Trikotgewebe, eine Webweise, von der ich schon zeigte, dass sie an sich weniger günstig bezüglich der Wärmehaltung ist als die glatte Webweise, aber besser als Flanell etc.

Um den bisher nicht näher gekannten Einfluss der Jäger-schen Trikotwebweise auf den Wärmedurchgang zu erfahren, müssen wir zunächst das Leitungsvermögen der zum Vergleich ausgewählten Stoffe betrachten.

Tabelle II.

Typisches Leitungsvermögen.

Calor.	Füllung	g	β log e	k	Relat. Zahl zu Luft = 0,0000 575	Relat. Zahl für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung und Luft = 0,0000 532	Bemerkungen
III	Wolltrikot	6,1	0,000 402	0,0000 695	118,1	117,8	0,0000 627	Unterkleidg.
	Mittl. Wolltr., Jäger	6,17	0,000 428	0,0000 740	125,8	125,0	0,0000 665	
	Mittl. Wolltr., Jäger, getragen . . .	8,80	0,000 454	0,0000 808	140,5	127,6	0,0000 678	
IV	Br. Kameelwolle .	9,67	0,000 988	0,0000 949	165,0	140,3	0,0000 746	Oberkleid.
	Grauer Jägerstoff .	6,17	0,000 837	0,0000 781	135,8	134,8	0,0000 717	
	Schwarzer » .	4,40	0,000 782	0,0000 718	124,8	133,8	0,0000 712	
	Dünnst. Jägertrikot	3,30	0,000 707	0,0000 643	111,8	121,4	0,0000 645	Unterkleid.
	Mittlerer »	5,96	0,000 818	0,0000 763	132,7	132,9	0,0000 707	
	Wolle, r. u. l. gestr.	4,43	0,000 770	0,0000 708	123,0	131,2	0,0000 698	

Bei diesem Experiment kamen zwei Calorimeter, III und IV zur Anwendung. Zuerst habe ich einen Wolltrikot (ohne Stempel) mit Jägertrikot und einem getragenen Wolltrikot verglichen. Zwischen allen dreien sind nur ganz unerhebliche Verschiedenheiten. Vielleicht darf man sagen, dass bei einem getragenen Trikot die Leitung etwas zunimmt.

Die Stoffe der Oberkleidung, System Jäger, haben durchgehends ein grösseres Wärmeleitungsvermögen als der Jägertrikot selbst. Von der Färbung ist dies nicht abhängig; gerade der schwarz gefärbte Jägerstoff leitet sogar weniger gut wie die naturfarbenen. Vielleicht hängt dieser Unterschied mit der Drehung des Fadens zusammen. Da die Reform angeblich dazu bestimmt ist, das jetzt Bestehende als unzweckmässig zu beseitigen, so wird man diese Gewebe mit dem, was bisher als Kleidungsstoff zu tragen gebräuchlich war, in Parallele setzen. Ich habe daher in nachstehender Tabelle nach meinen eigenen und anderen in meinem Laboratorium ausgeführten Versuchen die Werthe für das typische Leitungsvermögen zusammengestellt.

Tabelle III.

	Stoff	Dicke	Spec. Gewicht	k für 6 g Füllg. u. Luft = 0,0000 532
System Jäger	Hemdtrikot	1,254	0,160	0,0000 707
	Braune Kameelwolle	1,335	0,405	0,0000 746
	Grauer Stoff	1,050	0,323	0,0000 717
	Schwarzer Stoff	2,075	0,221	0,0000 712
Kammgarntuch	Sommerkammgarn	1,00	0,237	0,0000 714
	Winterkammgarn	2,50	0,238	0,0000 756
Loden	Grauer Loden	2,81	0,231	0,0000 745
	Bauernloden	3,00	0,256	0,0000 753
	Innsbrucker Loden	1,75	0,279	0,0000 753
Militärkleidung	Waffenrock	1,62	0,315	0,0000 855
	Hose	1,50	0,365	0,0000 821
	Schwarzer Mantel	1,54	0,322	0,0000 780
	Grauer Mantel	2,00	0,265	0,0000 799

Vergleicht man die typischen Leitungsconstanten derselben mit den käuflichen Kammgarnsorten, sei es Winter- oder Sommerkammgarn, so stellen sich diese sogar günstiger wie die Jäger-schen Normalgewebe. Auch der in Tirol benützte und jetzt bei uns allgemeiner in Gebrauch kommende Loden ist den Jägerstoffen überlegen. Von den bei der Militärbekleidung[1]) verwendeten Stoffen stellen sich Waffenrock und Hose weniger günstig wie die Jäger'schen Gewebe, das Manteltuch dagegen gleichgut wie die Letzteren.

Die patentirte Wollreform-Unterkleidung wie Oberkleidung besitzt also bezüglich des typischen Wärmeleitungsvermögens durchaus keine Eigenschaft, die man als specifische Errungenschaft des Systems betrachten könnte.

Hinsichtlich der Oberkleidung sind längst schon Gewebe im Handel und im Gebrauch, welche sich in thermischer Hinsicht

1) Nach den von Grimm und v. Bültzingslöwen in meinem Laboratorium angestellten Versuchen.

vollkommen gleichwerthig mit dem »System« verhalten. Es kommen auch heutzutage manche Gewebe vor, die dem Trikot der Unterhemden ähnlich sind und vollkommen seine Stelle vertreten und ausfüllen.

Da die Wollgewebe des Systems in ihrem spec. Gewicht von anderen zum Vergleich genommenen Wollengeweben nicht wesentlich abweichen, und allenfalls sogar dichter sind wie manche andere Gewebe, so zeigen sich auch bei Besprechung des »reellen Leitungsvermögens« keine durchgreifenden Unterschiede.

Tabelle IV.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht im Calor. = 6 g	Natürliches spec. Gewicht	Relat. Zahl für 6 g Füllung des Calor.	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung von x g	Leitungsvermögen bei natürl. spec. Gew. Luft = 100	*k* bei natürl. spec. Gewicht Luft = 0,0000 532
Wolltrikot	0,117	0,179	117,8	9,12	127,0	0,0000 676
Jägertrikot	0,117	0,160	125,0	8,16	133,9	0,0000 711
Braune Kameelwolle .	0,265	0,329	140,3	7,43	149,8	0,0000 797
Grauer Jägerstoff . .	0,265	0,323	135,8	7,30	143,5	0,0000 763
Schwarzer Jägerstoff .	0,265	0,221	133,8	4,99	128,0	0,0000 681
Jägertrikot	0,265	0,215	132,9	4,86	126,6	0,0000 673
Winterkammgarn . .	—	0,238	—	—	—	0,0000 733
Sommerkammgarn .	—	0,350	—	—	—	0,0000 772
Bauernloden . . .	—	0,256	—	—	—	0,0000 761
Wolle, r. u. l. gestrickt	0,265	0,150	131,2	3,46	118,0	0,0000 626

Aber die Vortheile der Wollgewebe im Allgemeinen finden im reellen Leitungsvermögen ihren Ausdruck. Ich habe durch meine Untersuchungen zuerst festgestellt, dass die Wolle ceteris paribus immer Gewebe liefert, arm an Grundstoff und reich an Luft. Die Wollgewebe halten also vorzüglich warm nicht deshalb weil dies die Wollsubstanz erzeugt, sondern die eingeschlossene Luft bedingt das geringere Wärmeleitungsvermögen in erster Linie.

Bei dem grossen Luftgehalt im allgemeinen nehmen die Trikotgewebe aus Wolle im reellen Leitungsvermögen

eine günstige Stellung ein. Die zur Unterkleidung bestimmten Trikots stehen in erster Linie, daran reihen sich die dichteren Gewebe zur Oberkleidung aus Kameelwolle u. s. w. Die zum Vergleich beigesetzten Zahlen für die Kammgarnstoffe und den Bauernloden geben dieselben oder noch günstigere Verhältnisse bezüglich der Wärmehaltung als die Jägerschen Stoffe. Die Reformbewegung hat uns also, wie man sieht, mit keinem Gewebe, das durch besondere Vorzüge ausgestattet wäre, bekannt gemacht.

Wenn man weiters die käufliche Waare nach dem Gesichtspunkt vergleichen will, inwiefern sie den Menschen vor Wärmeverlust bewahrt, so hält man sich dabei an die Zahlen für den »absoluten Wärmedurchgang«. Wäre unser Organismus und unsere Haut mit einem exakten Wahrnehmungsvermögen für Wärmeentziehung begabt, so würden wir die Stoffe nach den Zahlen ordnen, wie sie die Werthe für den absoluten Wärmedurchgang ergeben.

Die Ergebnisse meiner Versuche sind in Tabelle V auf S. 13 verzeichnet.

Im absoluten Wärmedurchgang zeigen die Reformstoffe nur wenig Abstufung. Die Unterkleidung-Trikots sind thermisch äquivalent mit der braunen als Oberkleidung getragenen Kameelwolle und nahezu äquivalent mit dem grauen Jägerstoff, besser wärmehaltend ist wegen seiner Dicke der schwarze Stoff. Die Normalgewebe bieten also wenig Variation hinsichtlich des Wärmedurchgangs. — Wenn man aber die Wirkungen der Wollkleidung im Hinblick auf die Wollreform genauer würdigen will, muss man die Gewebe mit anderen gebräuchlichen Bekleidungsweisen vergleichen. Daher habe ich in der Tabelle 6 die Zahlen für Kammgarn, Bauernloden und die Militärtuche eingetragen. Indem ich etwas vorgreife, mögen in Nachstehendem die Zahlen über den absoluten Wärmedurchgang durch Leinen, Batist, also die üblichen Unterkleidungsstoffe, angeführt sein.

Tabelle V.

Absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	*k* für das natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel	Wärmedurchgang pro 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke
Wolltrikot	0,0000 676	1,12	0,0006 035[1])
Jägertrikot	0,0000 711	1,254	0,0005 669[1])
Jägertrikot	0,0000 673	1,442	0,0004 667[1])
Braune Kameelwolle	0,0000 797	1,331	0,0005 992
Grauer Jägerstoff	0,0000 763	1,050	0,0007 266
Schwarzer Jägerstoff	0,0000 681	2,075	0,0003 281
Wolle, rechts und links gestrickt	0,0000 626	3,210	0,0001 950
Sommerkammgarntuch		1,00	0,0007 720[2])
Winterkammgarn	-	2,50	0,0002 932
Grauer Loden	-	—	—
Bauernloden	-	3,00	0,0002 533
Waffenrock	-	1,62	0,0005 689
Hose	—	1,50	0,0006 243
Schwarzer Mantel		1,54	0,0006 078
Grauer Mantel		2,00	0,0004 020

Tabelle VI.

Stoff	Dicke	Absoluter Wärmedurchgang
Feines Leinen	0,23	0,005 795
Leinentrikot	0,3	0,003 953
Bauernleinen	0,44	0,002 712
Feiner Batist	0,15	0,005 913
Leinenhemd (Militär)	0,40	0,003 650
Wolltrikot	1,12	0,000 635
Jägertrikot	1,25	0,000 567
Chamois, Jäger	0,462	0,002 056

1) Mittel 0,0005 457.

2) Arch., Bd. XXIV, 374 ist die Dicke von Sommerkammgarn zu 2,2 mm angegeben; sie beträgt im Durchschnitt nur 1 mm.

Bezüglich der Details und der Originalzahlen verweise ich auf später (bei Leinensystem). Die Tabellen erläutern uns, wie der Laie zu der Auffassung gelangen muss, dass die »Wolle« am wärmsten hält.

Bei der Wollkleidung zeigt sich, dass die erste auf der Haut getragene Schicht ungewöhnlich dick und daher ungewöhnlich wärmehaltend ist. Wenn man genau das »Wollsystem« mit den andern üblichen Bekleidungsweisen vergleichen will, so müsste man auch noch den Umstand berücksichtigen, dass die Hemden des Systems an der Brust, also an einem grossen Theil ihrer Fläche mit doppelter Lage von Stoff, gearbeitet werden. Sonach würden die Unterschiede in praxi noch erheblicher sein, als sie unmittelbar aus der Tabelle sich ergeben.

Legt man ein Wollgewebe an, welches es auch sein möge, so ist es nach Tabelle 6 immer dicker als alle sonstigen als Hemden getragenen Stoffe. Auch der dünnste, »Chamois« benannte Stoff, der meines Erachtens für praktische Zwecke unbenützbar ist, hat eine Dicke, welche das stärkste Leinenhemd übertrifft. Dazu kommt, dass die Wollstoffe alle weit lufthaltiger sind als die Leinen- oder glatten Baumwollgewebe. Hierdurch wird das Wärmehaltungsvermögen natürlich wieder zu Gunsten des Wollgewebes verschoben, aber nicht weil die »Wolle«, sondern weil mehr »Luft« eingelagert ist.

Durch ein Baumwoll- oder Leinenhemd geht also zehnmal und mehr Wärme durch als durch ein Wollhemd; aber nicht deshalb, weil der Grundstoff Wolle den Ausschlag gibt, sondern wegen der Dicke und Dichte der Wollgewebe. Derjenige also, dem ein Wollhemd wärmer vorkommt, wie ein Leinen- und Baumwollhemd, hat wohl recht; aber eine specifische Wirkung der Wolle ist dies nicht, sondern die Wirkung anderer soeben näher bezeichneter physikalischer Eigenschaften.

Vergleicht man die zur Unterkleidung dienenden Wolltrikots mit den sonst zur Oberkleidung benützten Stoffen, so sieht man, dass dieselben im absoluten Wärmedurchgang den letzteren sehr nahe stehen.

Nimmt man für Wolltrikot als absoluten Wärmedurchgang 0,00057, so liegt diese Zahl sogar niedriger als der Werth für den Sommerkammgarn und kommt jenem für den militärischen Waffenrock, Hose und Mantel fast gleich. Die Unterkleidung des Systems ist demgemäss eine sehr wärmehaltende.

Die Oberkleidungsstoffe des Wollsystems zeigen im Vergleich mit den von mir in Parallele gestellten im allgemeinen typischen Wollgeweben einen grösseren Wärmedurchgang. Der graue Jägerstoff hält weniger warm als alle übrigen Oberkleidungsstoffe, die braunen Kameelhaarstoffe erreichen zum Theil die Militärtuche in seiner Wirksamkeit, und selbst als Ersatz für den dichtesten, schwarzen Jägerstoff, stehen uns eine ganze Reihe anderer Gewebe zur Verfügung.

Es liegt keine dringende Veranlassung vor, die Oberkleidung, was die Stoffe anlangt, einer Reform nach dem System Jäger zu unterwerfen; denn was dieses bietet, gewähren an Vortheilen die in Tabelle S. 13 benannten, allgemein im Verkaufe erhältlichen Stoffe schon lange. Speciell die Lodenstoffe haben den Vortheil der Unverwüstlichkeit vor anderen Wollengeweben noch voraus. Gewiss gibt es viele billige Handelswaaren aus Wolle, welche die günstigen Eigenschaften, die wir soeben von den Oberkleidungsstoffen kennen gelernt haben, nicht besitzen. Eine rationelle Bekleidung setzt daher eine genaue Kenntnis der verschiedenen Handelsproducte voraus. Es wird in Zukunft dafür gewirkt werden müssen, dass solche Gewebe, welche tadellos hergestellt sind, in die Hände der Abnehmer gelangen.

Das Charakteristische der Reformkleidung besteht also nach dem Dargelegten in dem Umstand, dass die Unterkleidung weit wärmehaltender ist, als die Leinen- und Baumwollhemden, welche sonst getragen werden, während die Oberkleidungsstoffe hinter der sonstigen Bekleidungsweise, wie die gebräuchlichen Wollstoffe sie erlauben, etwas zurücktreten.

Die Wollsystembekleidung bietet nur eine geringe Anzahl von Combinationen und nicht die zahllosen Möglichkeiten der

Abstufung im Wärmehaltungsvermögen, wie die sonstige Wahl von Stoffen sie erlaubt.

Nach vielen Richtungen von grösster Bedeutung ist das Verhalten der Kleidung im benützten Zustande; wir wollen diese Beziehungen hier kurz schildern. Näheres findet sich in früheren Abhandlungen bereits niedergelegt.

Es ist eine Grundeigenschaft der Wolle, dass sie sich mit Wasser gar nicht oder nur schlecht benetzt. Am hübschesten kann man die ungleiche Benetzbarkeit erkennen, wenn man ein aus Baumwolle und Wolle gemischtes Gewebe in eine wässerige Fuchsinlösung taucht, so dass capillar das Wasser gehoben werden kann; in diesem Falle entsteht durch die Fuchsin ansaugenden Baumwollfasern eine ganz hübsche Zeichnung der Gewebe, während die Wollfäden frei von Wasser und Farbstoff bleiben.

Die schlechte Benetzbarkeit rührt zum Theil von dem Fetten der Wollhaare her[1]), ist also bis zu einem gewissen Grade variabel. Unter keiner künstlichen Versuchsbedingung bringt man aber ein so grosses capillares Aufsaugungsvermögen zu Stande wie solches von Haus aus Gewebe von Leinen, Seide und Baumwolle besitzen.

Das geringere Aufsaugungsvermögen hat man den Trikots-Wollgeweben auch zur Last legen wollen; es ist dies aber unberechtigt. Handelt es sich nämlich nicht um ganz exceptionelle Schweisssecretion, so reicht die Wasseraufnahme bei den Flanellen, Cachemir, Trikotgeweben durchaus hin, die secernirte Schweissmenge in sich aufzunehmen. Wird beim Tragen einer Wollenkleidung sehr viel Schweiss secernirt, so taugt sie entweder in der vorliegenden Dicke und Dichte oder überhaupt nicht für den betreffenden Menschen und ist eventuell durch ein anderes Gewebe zu ersetzen.

Das geringere Aufsaugungsvermögen der Wollengewebe für Wasser bringt es mit sich, dass das Wasser nicht am Orte der Entstehung, da wo es aus den Schweissdrüsen tritt, sogleich von

1) Nach H. Buchner auch von der Attraction für Luft.

dem Gewebe aufgenommen wird, sondern es vertheilt sich mehr über die ganze Berührungsfläche und wird durch die Bewegungen des Kleidungsstückes auf der Haut oft mit Gewalt gewissermaassen in den Stoff hineingerieben.

Ich habe eine Zusammenstellung über die Procent-Raumverhältnisse, in welchen sich in benetzten Stoffen, Luft, Wasser und Festes finden, gemacht. Den Jägerstoffen habe ich zwei Beispiele sonst gebräuchlicher Gewebe, Loden und Kammgarn, und sodann einige Militärbekleidungsstoffe noch beigefügt.

Tabelle VII.

Stoff	Minimalste Wasseraufn. pro 1000 g	Volumen		
		Luft	Wasser	Festes
Wolltrikot	1 278	63,4	22,9	13,7
Braune Kameelhaare, S.	1 024	41,0	33,6	25,3
Grauer Jägerstoff	1 011	42,7	32,6	24,7
Schwarzer Jägerstoff	1 379	52,5	30,5	17,0
Innsbrucker Loden	1 370	40,1	38,4	21,5
Winterkammgarn	1 200	59,7	22,0	18,3
Waffenrock	1 330	34,0	41,8	24,2
Mantel, schwarz	1 340	32,2	43,0	24,8
Mantel, grau	1 120	50,4	29,2	20,4

Was die minimalste Wassercapacität anlangt, ersehen wir für die Jäger'schen Normalstoffe keinen Unterschied von den anderen aufgeführten Oberkleidungsgeweben aus Wolle. Diese Stoffe saugen sich also ebenso mit Wasser voll wie andere Wollgewebe.

Der Luftgehalt in den durchnässten Geweben ist, weil er auch vom spec. Gewicht, d. h. der Dichte der Gewebe mit abhängig bleibt, ein ziemlich variabler.

Am luftreichsten von allen angeführten Wollgeweben ist der Wolltrikot für Hemden, er hat das lockerste Gefüge und enthält benetzt 63,4 % Luft. Das ist ein ausserordentlicher Vorzug gegenüber den glatten Leinen- und Baumwollstoffen, von

welchen einige im wasserbenetzten Zustand ganz und gar luftfrei werden.

Gerade von diesem günstigen Verhalten des Wolltrikots gegen Wasser hängen dessen vielfach gerühmte Vorzüge mit ab. Es bleibt immer noch reichlich Raum für die Luftzirkulation und das Wasser verdunstet nicht nur von der Oberfläche der Stoffe, sondern noch direkt von der Haut aus. Doch wird in dieser Hinsicht das Wolltrikotgewebe durch einige neuere Fabrikate, auf welche wir später zu sprechen kommen, ganz erheblich übertroffen.

Für die zur Oberkleidung benützten Stoffe können wir eine solche günstige Stellung des Reformgewebes nicht nachweisen. Der Luftgehalt der benetzten Reformgewebe ist weit geringer als der eines zur Unterkleidung benützten Wolltrikots. Gerade der als bester Stoff erklärte Kameelhaarstoff ist der Luftärmste im benetzten Zustande. Was den Loden anlangt, so ist dieser etwa ebenso lufthaltig wie der graue Jägerstoff und der Winterkammgarn, übertrifft im wasserdurchtränkten Zustande alle untersuchten Normalgewebe[1]). Etwas weniger reich an Luft erscheint der Waffenrock- und Mantelstoff der deutschen Soldaten, er bleibt noch erheblich hinter dem Kameelhaarstoff und dem Loden zurück. Dagegen hat der neuere Mantelstoff in der That den Vorzug grossen Luftgehaltes auch im wasserbenetzten Zustande.

Den Schutz, welchen durchnässte Wollgewebe gegen zu starke Abkühlung der menschlichen Haut bieten, besteht unter unseren klimatischen Verhältnissen in vollem Maasse nur, wenn diese Gewebe nicht zu dünn sind. Bei den feinsten Wolltrikotgeweben verliert sich bis zu einem gewissen Grade die genannte wohlthätige Wirkung der Wolle. Ich habe schon früher näher begründet, warum die Dicke der ersteren mit der Haut in Berührung stehenden und deckenden Schicht nicht zu gering sein darf. Die erste Hautbedeckung ist ein Reservoir, welches das Wasser aufnehmen muss; es darf aber, um bei dem Bilde

1) Die freiwillige Benetzung des Lodens ist weit geringer als bei den Trikotgeweben.

zu bleiben, dieses Reservoir nicht durch den geringsten Schweissausbruch ganz gefüllt werden.

Kein Gewebe ausser dem Wollgewebe besitzt die Eigenschaft, sich von der Berührungsfläche durch eine ausserordentlich gleichmässige Luftschicht zu scheiden. Die hervorstehenden Härchen haben genügend Kraft eine innigere Berührung zwischen Haut und Stoff auszuschliessen. Würde man berechnen können, wie gross die Fläche des wirklichen Contaktes zwischen Stoff und Haut ist, so würde sich dabei die Rechnung ganz entschieden zu Gunsten der Wolle stellen. Diese Isolirung habe ich von jeher als die Ursache mancher Behaglichkeitseigenschaft der Wollgewebe angesehen.

Berührt ein trockener Wollstoff die Haut, so hat man nie sofort das Gefühl der Kühle wie bei Leinen oder Baumwolle. Dies rührt zum Theil ja davon her, dass die specifische Wärme bei Baumwolle und Leinengeweben immer grösser ist als bei Wollgeweben; wesentlich aber von dem geringen Contakt der Wolle und dem grösseren der Baumwolle und Leinen, wodurch mehr oder weniger Wärme abströmen kann. Bei benetzten Stoffen treten diese Differenzen noch mehr hervor, und die gleiche Ursache bedingt in einem Fall das Kleben des Stoffs an der Haut im andern die leichte Verschieblichkeit.

Von besonderer Wichtigkeit erscheint die Frage, ob denn die seit altersher zur Oberkleidung verwendeten reinen Wolltuche Nachtheile besitzen, weshalb sie durch die Jägerkleidungsstoffe ersetzt werden müssten.

In dieser Hinsicht wollen wir zunächst die Veränderungen betrachten, welche die Aufnahme von Wasser bei den in Vergleich zu stellenden Geweben hervorruft.

Wenn die Stoffe, gemäss der minimalsten Wassercapacität sich mit Wasser beladen haben, ist keiner der zur Oberkleidung verwendeten Kleidungsstoffe luftfrei geworden. Verhältnismässig am ungünstigsten stellt sich der Kameelhaarstoff, der von den Wollreformern als das idealste Gewebe empfohlen wird. Aehnlich verhält sich auch der graue dünne Jägerstoff, luftiger

bleibt aber der schwarze Jägerstoff, in welchem etwa 52 Raumtheile Luft im benetzten Gewebe frei bleiben. Im Vergleich mit diesen Reformstoffen stellt sich der sogenannte Innsbrucker Loden in eine Reihe mit dem Kameelhaarstoff, der Winterkammgarn ist aber weit luftreicher als alle Reform Oberkleidungsstoffe.

Von den Militärtuchen lässt sich nicht das gleich Günstige behaupten, denn beim Waffenrock wie dem schwarzen Mantel sinkt der Luftgehalt auf 32—34 Volum-Procent nach der Benetzung, nur das graue Manteltuch kommt der vorher benannten Kammgarnsorte und dem luftreichsten Jägerstoff gleich oder nahe. Daher scheint mir eine Verbesserung der Webweise in dem Sinne, dass bei minimalster Wassercapacität die Stoffe lufthaltiger bleiben, bei einigen Militärtuchen sehr am Platze.

Wir vermögen also, was die Wasserbenetzung anlangt, nicht zu sagen, dass die Reformgewebe eine Eigenschaft besitzen, welche ihnen ein Uebergewicht über alle andern Producte des Handels gibt.

Den Vortheil, welchen der Gebrauch der Normalkleidungsstoffe im allgemeinen bietet, ist darin zu suchen, dass dieselben wirklich aus reiner Wolle bestehen, und ein gleichmässiges Gewebe besitzen. Ganz gleichwerthig scheinen sie aber nicht, wie die oben berührten Differenzen im minimalsten Wassergehalt darthun. Gewiss ist, dass vielfach Stoffe als Oberkleidung getragen werden, welche einem guten Gewebe nicht im Entferntesten entsprechen. Dem Laien ist es nicht möglich, beim Einkauf zu beurtheilen, ob ein Stoff preiswerth sei und ob er die für eine Oberkleidung tauglichen Eigenschaften besitze. Eine Controlle der Handelsproducte und Garantieen von bestimmten Eigenschaften würde für die Allgemeinheit von grosser Wichtigkeit sein.

Wollte die Wollreform wirklich ein generelles Bekleidungssystem darstellen, so müsste sie für alle extremen Fälle der Witterung zur Bekleidung hinreichen. Wie man zu verfahren hat, um diese Frage rechnerisch zu behandeln, das habe ich im zweiten Theil dieser Untersuchungen näher dargelegt. Es

mag zunächst erörtert werden, wie sich die Wollreformbekleidung als Winterkleidung erhält. Ich bezweifle nicht im Geringsten, dass die Gewebe der Wollreform durchaus geeigenschaftet sind, zur Herstellung einer Gesammtbekleidung verwendet zu werden, und dass sie gerade passen, für die kältere Jahreszeit einen ausreichenden Schutz zu gewähren.

Nehmen wir an, dass im Mittel eine Jäger'sche Wollkleidung[1]) 0,0000727 bis 0,0000781 reelles Leitungsvermögen besitzt, so würde die Dicke einer reellen Winterkleidung

$$\frac{0{,}0000754}{x} = 0{,}0000580 = 1{,}3 \text{ cm} = 13 \text{ mm}\,^{2})$$

werden, d. h. ebenso dick wie die von mir als Beispiel genommene Kleidung werden müssen (12,6 mm). In praktischer Hinsicht fehlen aber offenbar solche dickere Gewebe, wie man sie für den Winterüberzieher gebrauchen kann. Daher müsste man zur Fütterung der Stoffe Gewebe von anderer Dicke nehmen als sie sonst üblich sind. Für sehr kalte Wintertage lässt sich mit dem Jägerstoff ebensowenig wie mit anderen Wollgeweben eine rationelle Kleidung zusammensetzen, weil dabei das Kleidungsgewicht viel zu gross wird. Da treten die Pelze in ihre Rechte.

Die Wollreformkleidung zeigt, wenn wir die einzelnen Schichten auf ihren Luftgehalt betrachten, dass die dem Körper nahe gelegenen Schichten die luftreicheren, die Aussenlagen die luftärmeren sind.

Eine Ausnahme würde nur entstehen, wenn man ganz dünne und sehr dichte Wollgewebe, wie den als Chamois bezeichneten Sommerstoff benützen wollte (reelles Leitungsvermögen 0,0000948). Für derartige Gewebe fällt alsdann die Leichtigkeit der Wollkleidung auch nicht mehr in Betracht. Denn

$$\frac{0{,}0000948}{x} = 0{,}0000580 \text{ wird} = 16{,}34 \text{ mm},$$

also bereits nicht unbedeutend grösser als für die lockeren Gewebe.

---

1) Mittelwerthe aus den oben angeführten Messungen. Die Unter- und Oberkleidung berücksicht.

2) S. Seite 209. Archiv f. Hygiene, Bd. XXXI.

Die Frage, ob Wollkleidung eine brauchbare, mittlere Winterkleidung abgebe, haben wir, wie nicht anders zu erwarten war, in positivem Sinne beantworten müssen. Die Wolle hat man aber auch als Tropenkleidung empfohlen und sie hat diesbezüglich ihre Vertheidiger. Als absoluten Wärmedurchzug für eine Hochsommerkleidung habe ich 0,0004380 cal. angegeben. Geht man von dem durchschnittlichen reellen Leitungsvermögen der Wollreformgewebe 0,0000754 aus, so hat man als Dicke der Lage für eine Hochsommerkleidung

$$\frac{0{,}0000754}{x} = 0{,}000430 = 0{,}175 \text{ cm} = 1{,}75 \text{ mm}.$$

Die Dicke der Hochsommerkleidung müsste also 1,75 mm sein, was fast genau dem empirischen Verhältnis entspricht. Wählt man sich aus Tabelle S. 10 die Wollstoffe für eine derartige Bekleidung, so würde eine solche Kleidung der Combination eines sehr dünnen Wolltrikots (als Hemd) und des dünnsten Jägerstoffes (grau) allenfalls nahe kommen.

Es wird mitunter Schwierigkeiten haben, unter solchen Umständen mit der Wollkleidung zurecht zu kommen, vorausgesetzt, dass man an einer Ober- und Unterkleidung festhalten will. Die dichten Wollgewebe (leichteste Sorte) zur Hautbedeckung zu wählen, hat wegen der hochgradigen Füllung der Poren mit Wasser bei schwitzenden Personen, sowie wegen der Neigung zur Adhäsion seine Bedenken. Dem Uebelstand liesse sich durch die Wahl hochgradig poröser, wenn auch dickerer Stoffe etwas steuern; man könnte meinen, dass unter solchen Bedingungen wie im Hochsommer, wenn überhaupt die Wärmeabgabe erschwert ist, es wenig darauf ankomme, ob der Rest von Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung ganz aufgehoben werde. Es ist aber bei solchen Erwägungen nicht zu übersehen, dass die Tagestemperaturen glücklicherweise nicht wie im Thermostaten gleichbleibende, sondern immerhin wechselnde sind. Bei Sinken der Temperatur muss uns die Kleidung wieder eine Abkühlung verschaffen und die Wärmeabgabe nicht künstlich hemmen, sondern fördern. Deshalb also muss man auch für die Hochsommerkleidung immer auf solche thermische Verhältnisse

Bedacht nehmen, welche ein möglichst geringes Hindernis für den Wärmeabgabestrom darstellen.

Für den Hochsommer wird man immerhin gewisse Schwierigkeiten haben, mit Wollgeweben ganz befriedigende Verhältnisse zu schaffen; für den Sommer dagegen steht der Wahl einer Wollkleidung keine Schwierigkeit entgegen.

Die Frage der Verwendbarkeit von Wollgeweben bei hohen Temperaturen hängt übrigens nicht nur von den thermischen Eigenschaften der Gewebe, sondern zum mindesten ebenso wesentlich von den Permeabilitätsverhältnissen ab. Was uns hohe Temperaturen unerträglich macht, ist die gleichzeitig vorhandene hohe Luftfeuchtigkeit — oder was dasselbe für uns bedeutet, hohe Feuchtigkeitsspannung in der Kleidung. Auch bei Hochsommertemperatur fühlt man sich erstaunlich wohl, wenn nur der ausbrechende Schweiss ausreichende Verdunstungsmöglichkeit findet.

Die Beurtheilung der Wollkleidung lässt sich an der Hand der sog. Permeabilitätscoëfficienten leicht vornehmen. Die Permeabilitätscoëfficienten sind die Zeiten, welche nothwendig sind, um eine gewisse Menge Luft durch gleiche Flächen und Dicken der Stoffe, sowie bei gleichbleibendem Druck hindurchzuleiten. Für die wesentlich in Betracht kommenden Gewebe habe ich gefunden [1]:

Für Leinen mit Appretur . .	171,6 "
» gewaschenes Leinen . .	17,2 "
» Wolltrikot	5,7 "

und für die ungleiche Dicke (eine Lage)

Bei Leinen (appretirt)	3,95 "
» Leinen (gewaschen) . . .	0,43 "
» Wolltrikot	0,68 "

Für ein nicht appretirtes feines Leinen würden die Verhältnisse der Lüftung nicht ungünstiger liegen, wie für einen Trikot

1) S. Archiv f. Hygiene, Bd. XXXI, S. 212.

von 1,2 mm Dicke; sonach wären die Vortheile auf Seiten eines dünnen, möglichst permeablen Gewebes zu suchen. Es wird aber nicht unter allen Fällen ausser Acht zu lassen sein, ob der Schweiss von einem dünn glattgewebten, oder einem anderen, dickeren Gewebe abgefangen wird.

Im Lüftungsvermögen vermögen wir auch keine charakteristischen besonderen Eigenthümlichkeiten für die Jäger'schen Normalgewebe nachzuweisen; es entspricht dem, was man auch bei vielen anderen Geweben finden kann.

Die Permeabilitätscoëfficienten betragen:

Für Kameelhaarstoff	8,9 "
» Sommerkammgarn	21,5 "
» Innsbrucker Loden	9,1 "
» Bauernloden	2,8 "
» Winterkammgarn	2,9 "
» schwarzen Jägerstoff	1,1 "
» Wolltrikot	5,7 "
» Baumwolltrikot	1,1 "
» Kreppe	0,6 "

Die Permeabilität der sog. Normalgewebe schliesst sich also denjenigen Stoffen an, die wir auch sonst für ähnlichen Gebrauch bei der menschlichen Bekleidung verwendet finden. Die namentlich für den Sommer sehr geeigneten Stoffe der Unterkleidung haben einen Permeabilitätscoëfficienten, der noch unter dem des Baumwolltrikots liegt; mit Berücksichtigung dieser Erfahrung kommt man zu der Anschauung, dass die Trikotwolle, auch wenn sie neu ist, zu wenig Permeabilität besitzt. Mir scheint das Auftreten von Schweiss beim Tragen von Unterkleidung aus Wolle nicht etwa nur auf ein verhältnismässig geringes Aufsaugungsvermögen für Wasser, als vielmehr auf den Umstand einer bei reichlicher Schweisssecretion nicht ganz genügenden Luftcirculation zurückgeführt werden zu müssen.

Dieser Umstand wäre also bei der Wahl einer Hochsommerkleidung wohl zu erwägen; die Gewebe müssen noch luftiger

sein, als sie bisweilen hergestellt werden. Aber wir wollen nicht vergessen, dass die Trikotwollgewebe eine ungemein grosse Ventilationsfähigkeit den sonstigen benutzten Leinen- und Baumwollstoffen gegenüber besitzen.

Eine vernünftige Maassnahme des Wollsystems ist es, dass dasselbe jedes überflüssige Beiwerk der Kleidung beiseite lässt, und für den Mann einen im allgemeinen einfachen und zweckmässigen Schnitt, den der Militärkleidung, angenommen hat. Die Anwendung sehr vieler Stofflagen über der Brust durch Verdopplung der Hemdenbrust und des Rockes erscheint als generelle Maassregel nicht gerechtfertigt und höchstens für den Winter zulässig. Auch die übertriebenen Anforderungen an die Kopfbedeckung und Beschuhung sowie an das Bett können als absolutes Bedürfnis nicht anerkannt werden. Da hier diese Theile der Bekleidungslehre nicht weiter berührt werden sollen, so mag dieser Hinweis genügen.

Darf zu Wollkleidern ein Baumwoll- oder Leinengewebe nicht getragen werden? Für eine Bejahung dieser Frage lässt sich durchaus keine Berechtigung finden, vorausgesetzt, dass die gewählten Stoffe den allgemeinen Gesichtspunkten (Wärmehaltungsvermögen, Lüftbarkeit u. s. w.) entsprechen.

Mit einigen eigenartigen Wirkungen der Wollgewebe, welche durch keine anderen Gewebe geboten werden können, sind wir übrigens bereits bekannt geworden. Einmal wäre hier zu erwähnen die starke Beeinflussung der Wolle durch Aenderungen der relativen Feuchtigkeit und die Vorzüge, welche sich für die Entwärmung des Körpers ergeben, die isolirende Grenzschicht der Wolle, der Transport des Schweisses durch die Wollgewebe, die grosse Comprimirbarkeit und Weichheit, welche Seide, Baumwolle und Leinen übertrifft, die geringe Neigung des in der Wolle aufgesaugten Schweisses zur Zersetzung.

Das Wollsystem würde entschieden an Lebensfähigkeit gewinnen, wenn es nicht durch das thörichte Beiwerk seiner Begründung und durch ein unzweckmässiges Generalisiren den Fluch der Lächerlichkeit auf sich geladen hätte. Von dem

Wollsystem wird von Manchem ein Einfluss auf den Stoffumsatz behauptet, es soll zur Entfettung beitragen. Wenn letzteres beobachtet wird, so beruht der Effect sicherlich nicht auf specifischen Eigenthümlichkeiten der Wolle, sondern auf dem einfachen Umstand, dass eine Wolltrikotkleidung, welche z. B. auch die Weste als Kleidungsstück ausschaltet, während der kühleren Jahreszeit zu wenig wärmehaltend wirkt. Man kann eine derartige Kleidung auch unter ungünstigen Umständen leichter ertragen als etwa die gewöhnliche Bekleidungsweise mit Leinenhemd, weil die Luftigkeit des Stoffes und die Lüftbarkeit nicht so leicht die Durchnässung aufkommen lassen und wenn es geschieht, Wasser in Wollkleidung leichter ertragbar ist als in anderen Stoffen. Die Kühle der Kleidung und Accommodation an dieselbe vermag recht wohl eine Art mässiger chronischer Fettentziehung zu bewirken.

Das Heilmittel, welches diese verschiedenartigen Kleidersysteme anwenden, besteht weit weniger in einer specifischen Wirksamkeit der Grundstoffe selbst, von denen die Begründer der Systeme wenig oder gar keine richtigen Vorstellungen besessen haben, als vielmehr in einer anderen Ordnung der thermischen Verhältnisse, welche auf den Organismus mit Aenderung der Kleidung einwirken können. Jäger hat durchaus nicht ausschliesslich das Wollregime angewandt, als er seine bisherige Lebensweise änderte, sondern wie deutlich aus seinen Angaben hervorgeht, hat seine Lebensweise insofern noch eine Aenderung erfahren, als er sich auch leicht bekleidet hat und offenbar bestrebt war, in kühler Temperatur zu bleiben, bei offenem Fenster zu schlafen, keinen Ueberzieher im Winter zu tragen. Die Veränderung des Körpergewichtes, Abnahme des Fettpolsters erklärt sich ganz natürlich aus dieser Veränderung der Umgebungstemperatur. Die kühle Umgebung wirkt auch auf die Schweisssecretion ein. Wenn keine Ueberwärmung des Körpers eintritt, so folgt auch kein Schweiss, und wenn dieser nicht abgegeben wird auch keine Verschmutzung der Leibwäsche; auch das ist eine ganz selbstverständliche Forderung.

Von den Gegnern der Wollkleidung wird meist hervorgehoben, dass sie zu theuer, zu wenig haltbar, zu schwierig rein zu erhalten sei. Man bemängelt die geringe Aufnahmsfähigkeit für den Schweiss, der dann an der Haut verbleibe. Manche dieser Einwände sind nicht genügend begründet; was den letzteren anlangt, so halte ich denselben für durchaus unzutreffend, wie schon oben berührt. Wer so viel Schweiss producirt, dass das Wollgewebe denselben gar nicht aufsaugen kann, ist überhaupt fehlerhaft bekleidet, für den betreffenden Umstand zu dicht oder dick gekleidet[1]).

Anders steht es mit der Frage der Kosten einer guten Wollkleidung. Dabei handelt es sich wesentlich um die Unterkleidung; die Oberkleidung ist ja fast ausnahmslos seit Jahrhunderten aus Wolle, ohne dass man berechtigte Veranlassung hätte, davon abzugehen. Die Wollunterkleidung wird meist theuer durch die unrichtige Behandlung in der Wäsche; die Abnutzung durch das Tragen ist weit weniger belangreich.

Eine sehr häufige Klage über die Wolle bildet das sog. Eingehen derselben bei Berührung mit heissem Wasser. Diese Veränderungen sind bis jetzt nicht systematisch näher verfolgt; ich beabsichtige eine eingehende Untersuchung vornehmen zu lassen. Zur Orientirung in dieser Sache möge aber folgendes Experiment an glatt gewebten Stoffen dienen. Ich habe einen getragenen Wolltrikot untersucht und war erstaunt, denselben, was seinen Luftgehalt anlangt, gar nicht so erheblich verändert zu finden. Dies gab mir Anlass zur weiteren Prüfung über die Rückwirkung der Wärme auf Woll- und andere Gewebe.

Drei Stoffe, Cachemir, glatte Seide, glatte feine Leinwand, wurden in einem mit Wasser gefüllten Becherglas im Dampfkochtopf gelassen während einer Stunde. Dann wurden die Stoffe herausgenommen, ausgepresst und getrocknet und dann gemessen.

1) Die Nachtheile sehr dünner Wollgewebe wurden schon erwähnt.

	Belastung		
	0	I	II
Cachemir, Dicke normal	0,315	0,165	0,145
Cachemir, Dicke nach der Erhitzung	0,637	0,315	0,275
Seide, normal	0,200	0,087	0,065
Seide, nach der Erhitzung . . .	0,215	0,090	0,072
Leinen, normal, geglättet	0,222	0,162	0,150
Leinen, nach der Erhitzung . . .	0,395	0,230	0,205

Die Aenderungen sind zum Theil ungemein grosse, die Wolle hat auf das Doppelte an Dicke zugenommen; Leinen gleichfalls erheblich, Seide blieb unverändert. Die Veränderungen hängen aber nicht nur vom Grundstoff, sondern auch von der Webweise mit ab.

Die Flächengewichte waren

	Normal:	Erhitzt:
bei Cachemir	0,0135	0,020
» Seide . .	0,0082	0,010
» Leinen .	0,0187	0,020

Daraus folgt:

Stoff	Spec. Gewicht	% Luft	% feste Stoffe
Cachemir, normal	0,370	71,6	28,4
Cachemir, erhitzt	0,314	68,3	31,7
Seide, normal	0,443	66,7	33,3
Seide, erhitzt	0,465	64,3	35,7
Leinen, normal	0,813	37,5	62,5
Leinen, erhitzt	0,506	61,1	38,9

Das Flächengewicht hat also bei Cachemir erheblich, weniger bei Seide und bei Leinen zugenommen. Von letzterem bemerke ich, dass es im geplätteten Zustand benetzt worden war.

Das spec. Gewicht hat erhebliche Veränderungen beim Leinen erlitten, der erhitzte Stoff ist aber nur zu seinen Gunsten beeinflusst. Die Porosität hat zugenommen. Seide hat am wenigsten sich geändert und bei dem Cachemir bemerkt man nicht das, was gewöhnlich von erhitzter Wolle behauptet wird, nämlich ein Schrumpfen unter Dichterwerden, sondern zwar eine Zunahme der Dicke aber keineswegs der Dichte des Gewebes.

Daraus darf man wohl schliessen, dass die Art der Fadenführung bei einem Wollgewebe auch für den Einfluss, den die Erhitzung übt, nicht ohne Bedeutung sein kann. Ich habe daher eingehend noch die verschiedenen Bearbeitungsweisen der Wolle zu den Versuchen herangezogen und im Mittel einiger Experimente Folgendes gefunden:

Tabelle VIII.

Wollgewebe.

Gewebe	Dicke		Flächengewicht		Spec. Gewicht	
	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher	nachher
Flanell . . .	1,785	1,852	0,018	0,021	0,100	0,113
Trikot	1,000	1,117	0,019	0,021	0,190	0,188
Cachemir . .	0,36	0,707	0,014	0,018	0,388	0,254
Krepp . . .	2,092	2,377	0,030	0,041	0,143	0,173

Bei jedem Wollgewebe findet durch die Einwirkung einstündigen Erhitzens in Wasser eine Zunahme der Dicke, aber zugleich ein Schrumpfen des Gewebes statt. Ein Beweis des Schrumpfens ist die Zunahme des Flächengewichtes. Dickenzunahme und Schrumpfen verhalten sich aber nicht gleichmässig, so dass die Ergebnisse für das spec. Gewicht nicht unmittelbar vorauszusehen sind.

Flanell wird im Ganzen durch die Hitze dichter, bei Trikot überwiegt die Dickenzunahme, er wird etwas lockerer; am lockersten der glattgewebte Stoff, Cachemir. Dichter wird der an und für sich lockere Krepp, weil offenbar die Kürzung der die Kreppage bedingenden Fäden von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Ich erwähne noch die Untersuchung eines längere Zeit getragenen Trikotstoffes in Beziehung zur Befeuchtung.

Tabelle IX.

Stoff	% Luft	% Wasser	% Feste Theile
Jägertrikot	67,3	20,4	12,3
Getragener Trikot[1])	64,1	23,5	12,4

Die Veränderung erfolgt also in dem Sinne, dass der Stoff etwas dichter wird und mehr an Wasser aufnimmt als ein neuer, noch ungetragener Soff.

Das Erhitzen hat also keinen Stoff unverändert gelassen, aber die Veränderungen sind ungleiche; für die Trikotgewebe ist die Erhitzung, abgesehen von der Deformation eines Kleidungsstückes im allgemeinen, nicht von Nachtheil was den Luftgehalt des Gewebes anlangt. Die thermischen Eigenschaften und bis zu einem gewissen Grade die Lüftbarkeit werden aber geändert. Die Wärme- und der Luftdurchgang wird durch die grössere Dicke herabgesetzt.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, welche man an sich mit der Herstellung einer guten rationellen Hochsommerkleidung aus Wolle hat, mag die Veränderung der Trikotwolle durch das Erwärmen, ihr Dickerwerden noch besonders betont werden.

Die Wolle wird bei längerem Erhitzen in Wasser zersetzt, es spaltet sich, wie ich zuerst in Untersuchungen mit E. Cramer[2]) erwiesen habe, ein Körper ab, der mit salpetersaurem Silber eigenartiges Verhalten zeigt. Bei 150° im zugeschmolzenen Rohre geht diese Zerlegung schneller vor sich. Es wird SH_2 abgespalten, die Flüssigkeit reagirt sauer, die Wolle wird brüchig und mürbe. Der S-Gehalt der Wolle sank von 4,08 auf 3,72%.

Später sind auch von Kratschmer und Schöfer[3]) Angaben über die Zersetzung der Wolle in Dampf gemacht worden;

---

1) Auf 1000 Theile Trockensubstanz 1453 g Wasseraufnahme.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 244.

3) Der Militärarzt, Separatabdr. 1893, Nr. 2 bis 5.

zum Theil haben die beiden Autoren, die unsere Beobachtung nicht erwähnen, offenbar die gleichen Spaltungsproducte gesehen, wie ich. Das Destillat der Wolldämpfung war sauer und enthielt Schwefelwasserstoff. Auch das Auftreten von Ammoniak wurde constatirt. Die Dampfdesinfection schädigt alle Stoffe etwas in ihrer Zugfestigkeit. Die getragenen mehr wie die neuen.

Die Vergänglichkeit der Wollengewebe beruht zum Theil in ihrer Angreifbarkeit durch warmes Wasser. Mit dieser Veränderlichkeit durch das Wasser muss also bei der Wolle weit mehr gerechnet werden als bei irgend einem andern Grundstoff, den wir anwenden. Wie auch andere Systeme sich dagegen auflehnen wollen, der Gebrauch der Wolle wird und kann für die menschliche Kleidung nicht entbehrt werden.

Die Wolltrikots und die Reformgewebe sind nicht die ausschliesslich aus Wolle hergestellten Handelswaaren. Daher wäre die Frage eine sehr zeitgemässe, ob man denn ein Wollsystem ausschliesslich nur mittelst der Jäger'schen Reformgewebe durchführen kann. Die Frage ist unbedingt zu verneinen. Was die Unterkleidung anlangt, so könnten an Stelle der Jägertrikots auch andere aus Wolle hergestellte Trikots treten; wie wir mehrfach hervorgehoben, lässt sich ein Unterschied solcher Trikotsgewebe, die nach dem System hergestellt sind und solche die anderweit im Handel vorkommen, nicht erweisen.

Flanellgewebe als Unterkleidung zu tragen, empfiehlt sich weniger, weil diese an sich leichten und warmhaltenden Stoffe bei sehr vielen Menschen, selbst solchen, welche an Trikots gewöhnt sind, doch zu reizend auf die Haut wirkten, ferner nützen sie sich im Gebrauch ziemlich bald ab. Dagegen liesse sich gegen Wollkrepp als Unterkleidung nicht viel einwenden, ja ihre grosse Lüftbarkeit wäre sogar ein dankenswerther Vorzug. Doch ergeben sich hinsichtlich der Beständigkeit der Kreppe gewisse Bedenken, auf die ich später eingehe.

Gewiss aber steht fest, dass wir für die Oberkleidung nicht auf die Wollstoffe des Systems Jäger angewiesen sind, sondern auch, nicht nur einen vollen Ersatz, ja sogar bei guter Wahl

durch manches Kammgarn, Loden und dergl. Besseres leisten können.

Die Mängel der allen Aufgaben gewachsenen Unterkleidung aus Reinwolle — zu grosse Dicke, nicht ganz befriedigende Ventilation — lässt sich, wie später gezeigt werden soll, für die Sommer- und Hochsommerkleidung durch Halbfabrikate und luftige Webweise recht wohl beseitigen.

Das Leinensystem.

Man spricht heutzutage in manchen Kreisen viel von dem »Leinensystem«, das bestimmt sein soll, den Kampf mit der veralteten Kleidungsweise, sowie mit den schädlichen Reformen, wie mit dem Wollsystem aufzunehmen. Zum Mindesten haben aber die ältere Bekleidungsweise und das Wollsystem das für sich, dass man nach ihrer Weise sich wirklich bekleiden kann, während man von einem Radikalleinensystem eigentlich gar nicht reden sollte; ein solches existirt als allgemein acceptirtes System nirgends und es gibt Gründe genug, warum es auch nie entstehen wird.

Im Grossen und Ganzen ist die »Leinenbewegung« nichts weiter als eine Discussion über den Stoff, den man zur Hautbekleidung verwenden soll. Man sagt, Leinen soll wieder in sein altes Recht eingesetzt werden. Die Menschheit hat sich aber im Laufe der Zeit nicht ausschliesslich des Leinens bedient, sondern aller möglichen anderen Stoffe, wie solche eben ihres Preises wegen zu Volksbekleidungsstoffen sich eigneten.

Das Leinenhemd kam zu Ende der römischen Kaiserzeit in Gebrauch; es nachts zu tragen, galt aber lange Zeit als Luxus, ohne Hemd zu schlafen war bis zu Ende des 16. Jahrhunderts üblich.

Man glaubt, dass das Tragen des Leinenhemds, als es überall volksthümlich wurde, zur Beseitigung und Verminderung des Aussatzes beigetragen habe; indess sei gerade das Tragen von Leinwand eine Hilfsursache zur Entstehung von Rheumatismen sowie von verschiedenen Krankheiten des Respirationstraktus geworden. Die Gewebe, wie sie früher aus Leinenfäden, die

man im Hause spann, hergestellt wurden, waren ziemlich unregelmässig, rauh, da und dort mit Knötchen durchsetzt. Mit der Zeit sind diese Gewebe fast völlig aus dem Handel geschwunden, weil die Maschinenarbeit die Handarbeit verdrängt hat und die maschinellen Gespinnste gleichmässigere Fäden und Gewebe liefern, deren besseres Aussehen ihre Bevorzugung als Handelswaare ausreichend erklärt.

Die Gespinnste sind immer feiner geworden und man hat bei geringer Dicke zugleich eine ausreichende Haltbarkeit zu erreichen sich bestrebt. Wenn man gewöhnliches mit der Hand hergestelltes Leinen und feine Bielefelder Arbeit gegen das Licht hält, so sieht man mit blossem Auge, welche Verschiedenheiten da entstanden sind.

Man darf auch nicht leugnen, dass durch Appretur und künstliche Mittel manchmal oder vielleicht sogar oft zum Einkauf einer Waare, die sich im Gebrauch nichts weniger als gut bewährt, verleitet wird. Das Leinen hat sich also, wie wir wissen, seit langem als ein solcher Hautbekleidungsstoff gehalten; sein Hauptvortheil ist offenbar die grosse Haltbarkeit.

Zwischen verschiedenen Leinen (glatten) wird aber auch ein schon berührter Unterschied gemacht, und vom Leinensystem nur das Bauernleinen empfohlen. Diese Empfehlung gründet sich auf die allgemein bekannte und richtige Angabe, dass dünnes Leinen beim Schwitzen festklebt, grobes aber nicht.

Wenn dies der einzige Unterschied zwischen grobem und feinem Leinen wäre, so sieht man keinen Grund ein, warum man generell, feines Leinen ausschliessen muss, da es ja Fälle gibt, wo die Schweissablagerung keine Rolle spielt. Ob ein zur Unterkleidung verwendbarer Stoff wärmer oder weniger warm ist als ein anderer, erscheint principiell auch von keiner solchen Wichtigkeit, weil ja jemand, der ein weniger warmes Hemd trägt, einen wärmeren Rock darüber anziehen kann und so das Fehlende in der Wärmehaltung des Hemdes ergänzt.

Warum die mit dem Leinen chemisch gleich zusammengesetzte Baumwolle so etwas Schuld beladenes gegenüber dem Leinen sein soll, geht aus den Anklagen nicht hervor. Es soll

sich Baumwolle, wo sie zur Oberkleidung Verwendung gefunden hat, nicht bewährt haben. Bei diesen Anschuldigungen wird immer von dem Grundstoff, der Baumwolle, gesprochen, während offenbar gewisse Baumwollgewebe es sind, gegen welche ein mehr oder minder berechtigtes Vorurtheil herrscht.

Der Einbürgerung des gewöhnlichen Bauernleinens stehen offenbar in der Praxis einige Schwierigkeiten entgegen, daher wird auch, als zum Leinensystem gehörig, vielfach eine Art Zellstoffgewebe, Kneippstoff genannt, in den Handel gebracht.

Auch von leinener Oberkleidung werden viele Vortheile hervorgehoben und wenn ein System vollkommen sein soll, muss selbstverständlich derselbe Grundstoff oder das gleiche Gewebe auch für die Oberkleidung wie für die Unterkleidung benützt werden. Leider fehlen alle näheren Angaben über eine derartige Leinennormalkleidung.

Da für unsere Studien kein System an sich als gut oder als schlecht bezeichnet werden kann, sondern die Vorzüge und Nachtheile nur relative sind, müssen wir noch andere Bekleidungsweisen zum Vergleich heranziehen. Wir werden uns fragen müssen, wie sich das Leinensystem dem Wollregime gegenüber verhält, und wie es wiederum zur gewöhnlich üblichen Kleidung sich stellt. Indem wir aber weiter auch über den Werth der dem System zugehörigen Stoffe urtheilen, müssen die verwandten Gewebe, glattes Leinen insoweit solches nicht dem System entspricht, und die glatte Baumwolle, welche so schädlich sein soll, mit betrachtet werden.

Was die Unterkleidung aus grobem Leinen anlangt, so ist diese keineswegs etwas seltenes. Die meisten Truppen beschaffen solch' schweres Leinen. Grobes Leinen ist thatsächlich noch vielfach auf dem Lande in Gebrauch. In Tirol z. B. findet man, abgesehen von den grösseren Orten, das grobe hausgesponnene Leinen noch in grösster Verbreitung. Das zu den Versuchen benützte Bauernleinen habe ich mir von bekannten Quellen aus der Umgebung von Marburg verschafft, ferner ein Gewebe, das hier in Berlin als Kneippstoff verkauft wird, ferner ein Leinentrikot einer renommirten Firma, endlich blaues Bauern-

leinen, wie man es in der Provinz Hessen in vielen Orten allgemein als Kittel, als eine Art Oberrock bei den Männern in Gebrauch findet. Will man noch die Militärkleidung mit in Betracht ziehen, so könnte man verschiedene Drillichsorten als Vergleichsobjecte zu obigem blauen Leinenbekleidungsstoff finden.

Das sind im Wesentlichen die Stoffe, welche zu dem Entscheid über den Werth des »Leinensystems« geprüft werden müssen. Ich setze zunächst die Aufgabe voraus, dass begründet werden soll, ob die in Aussicht genommenen Stoffe zu einer Reform und zu einem völligen System sich eignen. Erst dann wird die weniger bedeutungsvolle Frage zu erörtern sein, ob nicht besser — zu der sonst üblichen Kleidung — ein grobes Leinenhemd an Stelle des feineren Gewebes getragen werden soll.

Welches sind nun die physikalischen Eigenschaften solcher Gewebe! Zunächst mag das typische Leitungsvermögen der in Frage kommenden Gewebe betrachtet sein.

Tabelle X.

Typisches Leitungsvermögen. (Cal. IV).

Füllung	g	β log e	k	Relat. Zahl zu Luft	Relat. Zahl für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung und Luft = 0,0000 532
Luft	—	—	0,0000 575	—	—	0,0000 532
Feines Leinen	6,78	0,000 891	0,0000 828	155,7	149,3	0,0000 794
Bauernleinen	7,62	0,000 947	0,0000 885	166,2	152,1	0,0000 809
Kneippstoff	4,90	0,001 026	0,0000 942	167,8	182,9	0,0000 972
Blaues Bauernleinen	6,93	0,000 829	0,0000 772	145,0	135,0	0,0000 718
Leinentrikot[1]	6,55	0,001 255	0,0001 250	217,0	207,1	0,0001 102
Batist[1]	6,20	0,000 949	0,0000 887	153,8	152,1	0,0000 810

Wie ich durch eingehende Untersuchungen dargethan habe, leiten Leinen und Baumwollfasern die Wärme gleichmässig durch sich hindurch. Insoweit also die Tabellen Differenzen erkennen lässt, müssen diese mit Bestimmtheit auf die Webweise oder andere diese begleitenden Umstände bezogen werden.

1) Siehe Archiv f. Hygiene, Bd. XXIV, S. 357.

Die zur Beurtheilung wichtigsten Zahlen enthält Rubrik 7 in Tabelle 10. Das feine Leinen hat wie ersichtlich genau dieselbe Leitungsconstante wie das grobe Bauernleinen. Da ist nichts absonderliches zu finden, sondern genau das, was wir a priori mit ziemlicher Sicherheit erwarten konnten.

Das blaue Leinen zeigt ein etwas geringeres Leitungsvermögen, was vielleicht als Folge der Färbung zu betrachten ist. Mit den ungefärbten Leinensorten stimmt genau das Leitungsvermögen des Baumwollstoffes, des Batistes überein.

Ein besseres Leitungsvermögen wie das Bauernleinen, feines Leinen und Batist zeigt der sog. Kneippstoff und der Leinentrikot; dies war vorauszusehen, denn ich habe schon früher bewiesen, dass alle anderen Webweisen ein grösseres Leitungsvermögen der Stoffe erzeugen, als man es bei glattgewebten Stoffen findet. Den Leinentrikot, genannt Kneippstoff, kann man also in keiner Weise für etwas halten, das man wechselweise beliebig mit dem Bauernleinen oder ähnlichen Geweben vertauschen kann.

In der Anordnung der Fäden und in dem specifischen Verhalten zum Durchgang für Wärme haben die glatten Leinengewebe gar nichts vor den glatten Baumwollgeweben voraus.

Für den Gebrauch im täglichen Leben unterscheiden sich die Stoffe in dem Wärmeleitungsvermögen nicht nur deshalb, weil sie aus verschiedenen Grundstoffen bestehen, sondern noch wesentlich dadurch, dass sie aus verschiedenen Mengen von Luft und festen Stoffen sich aufbauen. Als Ausdruck dieser Mengenverhältnisse ist das spec. Gewicht zu betrachten. Dichtere Gewebe sind im allgemeinen immer weniger warmhaltend als specifisch leichtere Gewebe.

Durch die Webweise, Lockerheit z. B., lässt sich eine nachtheilige Eigenschaft eines Grundstoffes paralysiren.

Wenn man diese verschiedenartigen Kleidungsmaterialien, was Dicke, Flächengewicht, spec. Gewicht, Luftgehalt anlangt, zusammenstellt, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich, so erkennt man, dass für das Leinensystem höchst heterogene Dinge in eine Parallele gestellt werden.

Tabelle XI.

Stoff	Dicke in mm	Flächengew. in g pro qcm	Spec. Gewicht	Luft in %	Feste Stoffe in %
Feines Leinen . . .	0,230	0,0187	0,813	37,1	62,9
Grobes Bauernleinen .	0,442	0,0282	0,641	50,7	49,3
Kneippstoff	0,965	0,0160	0,166	87,3	12,7
Blaues Bauernleinen .	0,297	0,020	0,675	48,1	51,9
Leinentrikot	0,300	0,091	0,302	76,8	23,2
Batist	0,150	0,0052	0,350	73,3	26,7

Das verpönte baumwollene Hemd (Batist) ist ein ungemein dünner Stoff, es wird aber meist vielleicht etwas dicker getragen; wenigstens die billige Waare kann statt 0,15 mm Dicke bis 0,31 mm Dicke ausweisen[1]). Das feine Hemdenleinen unterscheidet sich von den am meisten gangbaren Baumwollhemdstoffen gar nicht in der Dicke, denn es hat 0,23 mm.

Das grobe Bauernleinen ist nicht nur rauh an seiner Oberfläche, sondern zum mindesten doppelt so dick als der nicht dem Systeme zugehörige dünnere Stoff. Gleichwerthig mit dem Bauernleinen soll sodann der Kneippstoff sein. Die Tabelle lehrt, dass dieser Stoff viermal so dick ist als ein einfaches Leinenhemd und über doppelt so dick als ein starkes und kräftiges Bauernleinen. Was der hessische Bauer für seinen Kittel verwendet, ist nicht ganz so stark wie das Hemd, das er auf der Haut trägt. Der sog. Kneippstoff hat mit der Bauernleinwand aber in seiner Webweise überhaupt nichts mehr gemein, es ist mehr Netzstoff, wie deren heutzutage Dutzende als Handelswaare in den Verkehr kommen. In ihrem Aufbau herrschen gleichfalls unter den als gleichwerthig angesehenen Stoffen die erheblichsten Unterschiede. Weisses und blaues Bauernleinen enthält 50,7—48,1 % Luft, der Kneippstoff etwa 87,3 und ein zum Vergleich herangezogener Leinentrikot

1) a. a. O., S. 31.

mit weniger weiten Maschen als sie der vorhergenannte zeigt, 76,8 %.

Vergleicht man das Leitungsvermögen bei gleichem spec. Gewicht, so kommt dabei eine ganz interessante Verschiebung der Reihenfolge in den Stoffen zu Stande. Feines Leinen zeigt sich etwas besser leitend wie Bauernleinen und Leinentrikot. Eine mittlere Stellung nimmt das gefärbte Leinen ein, am schlechtesten leitet Kneippstoff und Batist. Die günstige Stellung des letzteren hängt mit der Eigenschaft der Baumwollfasern und ihrer grösseren Tauglichkeit zu lockeren Geweben zusammen. Die grossen netzartigen Maschen der Kneippstoffe machen diesen luftiger als die Leinentrikots und damit wärmehaltender als letzteren. Am besten wärmehaltend ist der vergleichshalber auch aufgeführte Wolltrikot, er verdankt diese Eigenschaft dem hohen Luftreichthum.

Tabelle XII.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht im Calorim. (= 6 g)	Natürliches spec. Gewicht	Relative Zahl bei 6 g Füllung des Calor.	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung v. g	Leitungs-vermögen bei natürl. spec. Gew. Luft = 100	Absolutes Leitungs-vermögen bei natürl. spec. Gew. Luft = 0,0000 532
Feines Leinen .	0,265	0,813	149,3	18,36	250,7	0,0001 333
Bauernleinen .	0,265	0,642	152,1	14,45	225,4	0,0001 199
Kneippstoff . .	0,265	0,166	182,9	3,75	151,7	0,0000 807
Bl. Bauernleinen	0,265	0,675	135,0	15,25	188,9	0,0001 005
Leinentrikot .	0,265	0,302	207,1	6,82	221,7	0,0001 186
Batist	0,265	0,350	152,1	7,91	168,7	0,0000 897
Wolltrikot . .	0,117	0,179	117,8	9,12	127,0	0,0000 676

So stehen die Verhältnisse, wenn man die wirklichen durch die Struktur erregten Eigenthümlichkeiten ohne Rücksicht auf die Dicke des Stoffes in Betracht zieht.

Frägt man schliesslich, welches Wärmehaltungsvermögen die Stoffe haben, wenn auch die übliche Dicke der Handelswaare in Betracht gezogen wird, so gibt darüber die nachstehende Tabelle 13 Aufschluss.

Tabelle XIII.

Absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	k für das natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel	Wärmedurchgang pro 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke
Feines Leinen	0,0001 333	0,230	0,005 795
Bauernleinen	0,0001 199	0,442	0,002 717
Kneippstoff	0,0000 807	0,965	0,000 084
Blaues Leinen	0,0001 005	0,297	0,003 356
Leinentrikot	0,0001 186	0,300	0,003 953
Batist	0,0000 897	0,150	0,005 913
Wolltrikot	0,0000 676	1,12	0,000 603

Wie man erkennt, sind die Gewebe, welche von den Empirikern empfohlen und angewandt werden, ganz incommensurable Dinge. Dass ein feiner dünner Leinenstoff nicht mit dem Bauernleinen hinsichtlich der Wärmehaltung concurriren kann, das zeigen in Zahlen die Werthe der Tabelle 13. Das dünne Gewebe ist an und für sich um nichts schlechter als das dickere Bauernleinen, aber durch die dünne Lage findet die Wärme besser den Weg wie durch die doppelt so grosse Wegstrecke, die das Bauernleinen darbietet. Der Kneippstoff, ein Ersatz für Bauernleinen, ist nach anderer Richtung hin übel gerathen, wenn man es in Bauernleinen ebenso warm haben will, wie im Kneippstoff muss man mehr als drei Hemden über einander anlegen (3,25), denn durch Dicke und Luft-Einschluss ist dies Trikotgewebe etwas ganz anderes geworden wie sein Vorbild das Bauernleinen. Eher liesse sich der ganz feine Leinentrikot, der in der Tabelle aufgeführt ist, mit letzterem vergleichen. Der dünnste Baumwollstoff ist durch seinen etwas grösseren Luftreichthum fast ebenso warm wie feines Leinen, das eine grössere Dicke besitzt.

Das Wärmste der aufgeführten Gewebe ist das Wolltrikot; man wird mit Interesse sehen, dass die Handelswaare »Kneippstoff« nicht erheblich in dieser Hinsicht von dem Wolltrikot verschieden ist. Gerade

weil die Vertreter des Leinensystems die Ueberwärmung durch Wolle beständig betonen, ist der Nachweis von Interesse, dass das, was zur Bekämpfung der Wollgewebe und des Wolltrikots erdacht ist, diesem thatsächlich in der wesentlichen Eigenschaft der Wärmehaltung ganz nahe steht.

Was man also über die Leinenunterkleidung vielfach behauptet und als Vortheile rühmen hört, erweist sich bei näherer Betrachtung entweder als unrichtig, oder als so einfach gelagert, dass es keiner langwierigen Betrachtung bedarf und noch weniger jahrelanger Erfahrung, um derartige Thatsachen festzustellen. Als gleichwerthig werden Stoffe zur Unterkleidung empfohlen, die in allen bis jetzt betrachteten Beziehungen, sowie in anderer noch zu besprechender Richtung hin auf's wesentlichste verschieden sind!

Ein principieller Unterschied ist selbst zwischen dem verpönten leichteren Leinen- und Baumwollenhemd im Leitungsvermögen nicht vorhanden, wenn man von der Dicke absieht. Man hat auch gar keinen Grund von einem Leinensystem zu sprechen, wenn man einen Unterschied hinsichtlich der gesundheitlichen Eigenschaften der dünnen und dicken Stoffe derselben Grundsubstanz erhebt. Die Baumwollfasern und Leinenfasern bestehen beide aus organisirter Cellulose; es ist daher auch kein Grund einzusehen, warum nicht an Stelle des empfohlenen Leinenhemdes ein ebenso dickes Baumwollhemd zu gebrauchen sein sollte.

Wenn man zu einer completten Bekleidung des Menschen mit Leinen greifen will, so ist das keine so wunderbare und unerhörte That als manche meinen, denn die Turnanzüge und die Sommeranzüge der Soldaten bestehen ja bekanntermaassen auch aus Leinen. Die militärischen Drillichsorten sind in meinem Laboratorium von anderer Seite bereits untersucht, weshalb ich im Einzelnen auf die a. O. gegebenen Zahlen verweisen muss. (Siehe Tabelle 14 auf S. 41.)

Die im militärischen Dienst verwendeten Stoffe sind alle annähernd von gleicher Dicke (0,4—0,7), aber von schwankendem spec. Gewicht. Die Wärmedurchlässigkeit des Gewebes ist etwas

grösser als bei den von mir untersuchten glattgewebten Leinenstoffen, was zum Theil auf die etwas andere Webweise dieser Stoffe bezogen werden kann. Die einzelnen Gewebe sind sehr ungleichen spec. Gewichts, theils ziemlich locker, theils den dichteren Leinengeweben, die wir früher besprochen haben, an die Seite zu stellen.

Tabelle XIV.

Typisches Leitungsvermögen.

Stoff	Dicke	Spec. Gewicht	*k* für 6 g Füllung u. Luft = 0,0000 532
Unterhose	0,63	0,310	0,0000 999
Drillichjacke	0,70	0,500	0,0000 939
Drillichhose	0,50	0,654	0,0001 002
Hemd	0,40	0,507	0,0001 010

Tabelle XV.

Reelles Leitungsvermögen und absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	*k* für das natürl. spec. Gewicht	Wärmedurchg. p. 1 qcm, 1 Sec. u. d. übliche Dicke
Unterhose	0,0001 024	0,0016 282
Drillichjacke	0,0001 308	0,0018 687
Drillichhose	0,0001 709	0,0034 180
Hemd	0,0001 460	0,0036 500

Das reelle Leitungsvermögen schwankt daher innerhalb ziemlicher Grenzen zwischen 0,0001024—0,0001709. Offenbar sind diese dichten Gewebe wegen der grossen Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Zerreissen gewählt. Für den absoluten Wärmedurchgang verhalten sich die Stoffe noch ungleicher. Z. B. hält die Unterhose nur doppelt so warm wie das Hemd. Denkt man sich die Gewebe aufeinanderliegend, so ist der absolute Wärmedurchgang

für Hemd und Rock (1,1 mm Dicke) = 0,001239 cal.
» Hose und Unterhose (1,13 » Dicke) = 0,001176 »
pro 1° Temperaturunterschied.

Das reelle Leitungsvermögen der Gemische ist

für Hemd und Rock	= 0,0001 363
» Hose und Unterhose	= 0,0001 329
Mittel	0,0001 346

Für die aus Baumwolle und Wolle gemischte Winterkleidung habe ich berechnet, dass der absolute Wärmedurchgang

= 0,0000 580 ist,

wobei die Kleidung zu 12,6 mm Dicke angenommen ist.

Die Leinenkleidung verbindet mit grosser Festigkeit leichten Wärmedurchgang; zwei Lagen dieses Gewebes sind am Thorax zur Bekleidung angewendet und genügend. Sie lassen per 1 qcm und die übliche Dicke (1,11 mm) **0,00152 cal.** pro 1 Sec.[1]) und 1° Temperaturdifferenz hindurch. Mit irgend welchem Wollgewebe ist man kaum in der Lage, eine derart kühle Kleidung herzustellen, auch wenn man nur eine einzige Stofflage anwenden wollte, was im allgemeinen nach den üblichen Principien der Bekleidung nicht möglich ist.

Die Leinenkleidung kann ihrer Bestimmung und den Eigenschaften der Stoffe nach, wie sie jetzt Handelswaare sind, nur eine Sommerkleidung sein, für andere Zwecke ist sie bei grösserem Wärmebedürfnis unzweckmässig. Anders als für den Ruhenden liegt die Sache für den Arbeitenden, der natürlich noch unter klimatischen Verhältnissen mit einer weniger warmhaltenden Kleidung auskommt, wofern seine Ueberproduction an Wärme den nöthigen Ersatz zu bieten hat. Hier kann das nicht appretirte und geglättete Leinen am Platze sein, obschon es durch andere Gewebe aus Baumwolle auch zu ersetzen ist.

Diese Leinenstoffe eignen sich, wie man sieht, zu einer Sommerkleidung oder Hochsommerkleidung, wenigstens insoweit als ihr Wärmedurchgangsvermögen in Betracht kommt, während ich Bedenken habe mit Bezug auf die Wasseraufnahme und die Permeabilität, dies so allgemein zu behaupten. Ich komme aber auf diese beiden Punkte etwas später noch zurück und zwar im

1) Hemd, Jacke der Soldaten.

Zusammenhang mit der Besprechung der übrigen Gewebe des Leinensystems.

Vorerst mag weiter die Frage erörtert sein, ob die Leinengewebe, wie wir sie untersucht, überhaupt ein Radikalsystem bilden können.

Für das glatte Leinengewebe als Mittel zur Bekleidung der Oberfläche, also bezüglich des Werthes als Oberkleidung möchte ich darauf aufmerksam machen, dass diese Gewebe nicht allein im Hinblick auf ihr Wärmeleitungs- sondern auch mit Rücksicht auf das Wärmestrahlungsvermögen beurtheilt werden müssen.

Da ihr Strahlungsvermögen wesentlich kleiner ist als das von Stoffen mit rauher Oberfläche, wie solche sonst zur Oberkleidung benützt werden, so wird also der Erfolg eines besseren Leitungsvermögens zum Theil durch die geringere Ausstrahlung wieder abgeglichen.

Im ungefärbten Zustand bietet die Leinenkleidung beim Aufenthalt in der Sonne die Annehmlichkeit, dass sie erheblich weniger an Wärme absorbirt als die sonstigen Oberkleidungsstoffe, welche gefärbt zu sein pflegen. Diesem Umstand verdankt sie wohl wesentlich manche Anhänger, welche sie als Sommerkleidung tragen. Man hat aber kein Recht, diesen Vorzug dem »Leinen« zuzuschreiben, er kommt dem Fehlen der Farbe zu und konnte auch bei anderer ungefärbter Kleidung erzielt werden.

Wie wenig rationell sich mit dem Leinen und sei es auch Bauernleinen eine rationelle Kleidung aufbauen lässt, das ergibt sich für den Einsichtigen sofort, wenn er den absoluten Wärmedurchgang auch nur im Vergleich zu den üblichen Oberkleidungswollstoffen ins Auge fasst.

Der absolute Wärmedurchgang beträgt

bei einem	Sommerkammgarn .	0,0007720
» »	Winterkammgarn .	0,0002932
» »	Bauernloden . . .	0,0002533
» »	Bauernleinen . . .	0,0027170
» »	Drillichhemd . . .	0,0036500

Hier sind also Unterschiede zwischen den Woll- und Leinengeweben um das Zehnfache gegeben!

Hält man es noch für nöthig, weitere Betrachtungen anzustellen, so mag auf Folgendes hingewiesen sein. Will man wissen, wie dick die Leinenkleidung getragen werden muss, damit sie ebenso warm hält, wie die oben angenommene Bekleidungsweise, so hat man zur Berechnung, wenn der Mittelwerth des reellen Leitungsvermögens für Leinen = 0,0001346 und x die gesuchte Dicke in Centimetern ist:

$$\frac{0{,}0001346}{x} = 0{,}0000580, \text{ woraus } x = 2{,}32 \text{ cm} = 23{,}2 \text{ mm.}$$

Statt 12,6 mm Dicke müssen wir dann 23,2 mm Dicke annehmen.

Das mittlere Gewicht der verwendeten Leinensorte ist:

Hose . .	= 0,0327	per 1 qcm	
Jacke . .	= 0,0375	»	»
Hemd . .	= 0,0203	»	»
Unterhose.	= 0,0258	»	»
Mittel	= 0,0291	per 1 qcm	

und das mittlere spec. Gewicht 0,442, also das mittlere Flächengewicht pro 1 qcm bei 1 cm Dicke = 0,442 g und für 23,2 mm Dicke = 1,025 g.

Der von mir als Vergleich angenommene Typus der Winterkleidung — von dem Extreme sehr kalter Tage ganz abgesehen — wiegt nur 0,255 g pro 1 qcm. Will man also eine Leinenkleidung von dem gleichen Wärmehaltungsvermögen mit einer sonst üblichen Wollen- d. h. Tuchkleidung construiren, so wiegt diese 4,02 mal so viel als die vorige. Dies repräsentirt eine solche Last für den Körper, dass schon um deswillen Niemand auf den Einfall kommen wird, im Winter ausschliesslich Drillichkleider zu tragen.

Nimmt man als mittlere Dicke die in Frage kommenden Leinenstoffe 0,5 mm an, so würden für eine Dicke der Kleidung von 12,6 mm schon 25 Stofflagen nothwendig sein, für 23,2 mm aber volle 46,4 Lagen von Stoff. Das würde eine Art Mumienwickelung nothwendig machen. Bei lockerer Lage

würden natürlich weit weniger Schichten nothwendig sein; irrationell wäre aber eine derartige Kleidung trotzdem. Es lohnt nicht, ernstlich weiter auf diese Dinge einzugehen. Mehrere Leinenlagen übereinander getragen sind so gut wie vollkommen impermeabel für Luft; Bauernleinen hat 9 Sec. als Permeabilitätscoëfficienten ergeben.

Mit Leinenzeug hat man weder heutzutage noch in vergangener Zeit eine allen Bedürfnissen und allen Temperaturlagen entsprechende Kleidung hergestellt und allerorts hat man das Leinen bei strenger Winterkälte durch andere Gewebe weiter unterstützt.

Wer gesund sein will, wie mancher Bauer, der darf nicht etwa nur in dessen Leinenhemd schlüpfen, sondern muss auch der ganzen ländlichen Lebens- und Arbeitsweise sich anbequemen. Ein Städter, der ein Leinenhemd überzieht, ist noch lange nicht den klimatischen Verhältnissen gegenüber angewöhnt wie ein Bauer. Dazu gehört auch mehr als ein mehrwöchentlicher Aufenthalt auf dem Lande während der Sommermonate. Ebenso wenig wie die städtische Kleidungsart den Bauern auf dem Lande befriedigt, wird dem Städter wohl in einem Bauernanzug. Die Verschiedenheit der Lebensbedingungen fordert doch noch andere Berücksichtigung.

Unersetzlich ist übrigens das glatte Leinen- und Baumwollgewebe für den Gebrauch im Sommer durchaus nicht; denn es lassen sich manche andere Gewebe von eben der gleichen Dicke aber besserer Lüftbarkeit construiren, die den täglichen Bedürfnissen und verschiedenartigen klimatischen Aufgaben auf's Beste genügen.

Auch die Beziehungen zum Wasser verbieten die allgemeine Anwendung von glattgewebten Stoffen zur Hautbekleidung. Wie sich diese hier einschlägigen Stoffe in benetztem Zustande verhalten, zeigt Tabelle 16 auf S. 46.

Im Zustande minimalster Wassercapacität ist der glatte Leinenstoff, wie ich schon früher gezeigt habe, vollkommen mit Wasser durchzogen. Die minimalste Wassercapacität also identisch mit der maximalsten. Der Stoff quillt dabei sogar auf.

Keine Luft vermag durch den Stoff zur Haut zu gelangen, erst müssen durch die Verdunstung wieder Lücken geschaffen werden. Sonach entstehen unter der Kleidung mit Wasserdampf gesättigte Räume und es kann kein Schweiss mehr verdunstet werden. Es bilden sich unter dem Hemde Tropfen und der Schweiss fliesst ab. Die Leinwand saugt sich stellenweise fest und spannt. Da die geringe hygroskopische Wasseraufnahme im Beginne der Transpiration der Wärme keinen oder nur unbedeutend erhöhten Abfluss gewährt, und die dünne Schicht schon mit weniger Tropfen Schweiss minimalst gesättigt ist, die Capillarität das Wasser in der Fläche verbreitet, und wie gesagt, der Stoff sich anlegt und die Contakträume verschwinden, so ist ein recht plötzlicher Uebergang von einem mässigen Wärmeverlust zum plötzlichen vorhanden und dies wird in hohem Maasse unangenehm empfunden. Die Verdunstung an der Oberfläche des nassen Stoffes ist wegen der grossen Porenfüllung ungemein gross. Diese Momente erklären zur Genüge, warum man, namentlich unter den Bedingungen reichlicher Schweisssecretion mit einem recht dünnen Leinenhemd nur unangenehme Erfahrungen zu machen pflegt.

Tabelle XVI.

Stoff	Volumen trocken		1000 Theile nehmen Wasser auf	Volumen in benetztem Zustand		
	Luft	Fest		Luft	Fest	Wasser
Leinen . . .	42,5	57,5[1]	698	0	57,5	56,7
Grobes Leinen	50,7	49,3	779	11,2	38,3	49,9
Blaues Leinen	48,1	51,9	740	9,8	38,3	51,9
Kneippstoff .	87,3	12,7	1087	68,2	13,8	18,0
Wolltrikot . .	86,3	13,7	1278	63,4	22,9	13,7

Das grobe, namentlich aus handgesponnenen Fäden hergestellte Leinen benetzt sich schwerer wie ein feiner Stoff, es liegt auch wegen des grossen Widerstands, den es bietet, der Haut nie so gut an wie ein leichter, $^1/_2$ oder $^1/_3$ so starker Stoff. In seinem Aufbau hat es durch die unregelmässigen Fäden etwas

1) Anderes Stück als in Tabelle XI.

trikotartiges, das zunächst günstig auf die Lüftung wirkt und den Ausbruch tropfbar flüssigen Schweisses etwas hinausschieben oder ganz verhindern kann. Um einen doppelt und dreifach so dicken Stoff zu durchnetzen gehört natürlich mehr Wasser als zu der Durchnetzung einer dünnen Leinenschicht; daher machen sich beim Schwitzenden wieder die unangenehmen Seiten vollbenetzter Stoffe zeitlich später geltend als beim dünnen Gewebe. Aber wenn auch schliesslich sich der grobe Stoff der Sättigung mit minimalstem Wasser nähert, so bleiben, wenn auch nicht viele, so doch einige Räume wasserfrei, im Ganzen 11,2% des ganzen Volumen. Dies vermindert neben der grossen Starrheit des benetzten Stoffs das Anliegen an der Haut und die volle Verdrängung aller Luft zwischen Hemd und Haut.

Hier ist also der Uebergang von trocken zu nass, was den Wärmeverlust anlangt nicht so plötzlich wie bei den obem geschilderten dünneren Stoff.

In noch höherem Maasse als die glattgewebten Stoffe bleiben die Trikotgewebe lufthaltig; der in der Tabelle aufgeführte Stoff enthielt noch 68,2 Volumen-Procent Luft und nur 18 Raumtheile Wasser. Da dieser Trikotstoff noch dicker ist als die bis jetzt besprochenen Stoffe, so treten die Nachtheile der Durchnetzung noch weniger als bei den vorher benannten Stoffen uns entgegen.

Was Schweissaufsaugung anlangt und die Schweisszersetzung, so unterscheidet sich glattes Leinen nicht von glattgewebter (gebleichter) Baumwolle. Die Anwendung eines glatten Gewebes bedeutet im allgemeinen Concentration des Hautschmutzes auf den engsten Raum in nächster Nähe des Körpers. Im Gebrauch pflegen diese Gewebe bei den Minderbemittelten auch nichts weniger als warm zu sein.

Zugegeben, dass das Wärmeleitungsvermögen der Leinengewebe dasselbe für die Zusammensetzung einer Hochsommerkleidung geeigenschaftet macht, bleibt doch ein Umstand — die Permeabilitätsgrade der Leinenstoffe —, welcher einer gründlichen Erwägung unterzogen werden muss.

Wesentlicher Faktor ist hiebei die Art der Verwendung der glatten Leinen; dasselbe kann einfach gewaschen, gemangelt,

gebügelt, gestärkt benützt werden. Jede mechanische Einwirkung erhöht die Dichtigkeit des betreffenden Gewebes und macht es dieserhalb und durch Verringerung des Luftgehaltes wärmedurchgängiger. Aber auch die Luftdurchgängigkeit sinkt stark ab.

Der Permeabilitätscoëfficient betrug 17,2 Sec. bei feinem Leinen, bei dem Bauernleinen 9,4 Sec., das dünne Leinen hat 0,23, Bauernleinen 0,442 Dicke, bei natürlicher Dicke hat also dünnes Leinen 3,94 Sec. Durchgangszeit pro 1 qcm und 1 ccm Luft und Bauernleinen 4,14 Sec. Wie Letzteres sind die Leinengewebe für die Oberkleidung beschaffen. Ein Wolltrikot hat als Permeabilitätsconstante 5,7 Sec. oder für die natürliche Dicke einer Lage 0,5 Sec. Aus diesen wenigen Zahlen erhellt, wie wenig lüftbar die glatten Leinengewebe sind.

Die bessere Luftdurchgängigkeit des Bauernleinen, wie sie sich im Permeabilitätscoëffizienten ausdrückt, wird durch seine Dicke wieder etwas abgeglichen. Die Lüftungsverhältnisse von dünnem Leinen und Bauernleinen geben keinen Anlass, das eine Gewebe dem anderen vorzuziehen. Daher bleiben für die Wahl des einen oder anderen Gewebes im wesentlichen thermische Verhältnisse maassgebend und die Beziehungen zum Wasser. Nur der Netzstoff, der unter dem Namen Kneippstoff geht, hat eine sehr gute Lüftbarkeit; er ist anderen Geweben wie den Netzstoffen nachgebildet.

Die bedingungslose Anwendung und Empfehlung glattgewebter Leinenstoffe als Hemdbekleidung verbietet sich durch den geringen Luftgehalt und die davon abhängige geringe Ventilation der Kleidung. Ich erinnere in dieser Hinsicht an den eclatanten Versuch, den Schierbeck in meinem Laboratorium an einer Person ausgeführt hat. Die letztere trug Wollhemd und die übliche Tuchbekleidung, was Weste und Rock anlangt. Wir bestimmten die Kleidungsventilation. Als nun im Controlversuche zu der oben geschilderten Bekleidung noch ein Hemd aus glattem Stoff angezogen wurde, sank die natürliche Lüftung in der Kleidung auf die Hälfte der früheren herab. Unter einem Hemd aus glattgewebtem Stoff ist also die Ventilation nur eine halb so grosse wie unter einem porösen Trikothemd.

Dem Luftgehalt nach unterscheidet sich ein feines Leinen nicht erheblich vom groben Leinen, wie es zu Hemden getragen wird, und auch nicht von dem blauen Leinenstoff, wie er zur äusseren Bekleidung dient.

Wenn aber dieses grobe Leinengewebe etwa gar zu einem Bekleidungssystem werden soll, das uns bei jedem Wetter und Gefahr vor Erkältung schützen soll, so ist es noch übler damit bestellt. Ohne mehrfache Lagen ist dabei nicht auszukommen. Dies führt gerade zur Unterdrückung jedweder Ventilation.

Der einzige Kunstgriff, welcher erlauben würde, für mässige Kältegrade mit einigen Stofflagen auszukommen, bliebe, wo er anwendbar ist, nur der, dass man den Stoff in Falten legt, die senkrecht zur Körperfläche stehen. In einem solchen Falle nimmt die Lüftbarkeit der Kleidung mit der Zahl der Stofflagen in oben genanntem Verhältnis ab, aber die Wärmehaltung in raschem Verhältnis zu, freilich unter Verlust der sonst für das Wärmehaltungsvermögen der glatten Stoffe besprochenen specifischen Eigenthümlichkeiten.

Auf diesem Wege, das lehrt auch die Erfahrung, kann man zu einer rationellen Winterbekleidung nicht gelangen und ich empfehle jedem, sich einmal die Leute vom Lande in solchen Gegenden, wo noch Leinenkittel u. s. w. getragen werden, zu betrachten und festzustellen, was unter dem Leinenkittel noch alles an Stoffen zu finden ist.

Die Leinengewebe sind im allgemeinen nicht sehr weich. Die grobe Bauernleinwand scheuert. In noch höherem Maasse ist dies bei den Trikotgeweben und dem Kneippstoff der Fall. Ich habe vielfach die Erfahrung gemacht, dass bei dem Tragen der dicken groben Stoffe und besonders der gestrickten beim Marschiren rasches Wundwerden eintritt. Meines Wissens haben einige Heerverwaltungen die Probe mit Leinentrikot gemacht; die Letzteren haben aber dieselben nicht ausgehalten uud man hat auf ihre weitere Anwendung verzichten müssen.

Bestechend — für die Leinenunterkleidung wenigstens — ist das reinliche Aussehen derselben. Es liegt mir fern zu behaupten, dass Leinen, glatte Gewebe z. B. nicht getragen werden dürften.

Leute, die selten unter solchen Bedingungen leben, dass sie in Schweiss gerathen, werden die Nachtheile des glatten Leinengewebes wenig empfinden. Vorzüge des Leinen sind seine Widerstandskraft gegen alle äusseren Einwirkungen und den zerstörenden Einfluss des Waschens. Wo diese Gesichtspunkte hervorragende Bedeutung haben, wie z. B. bei der Bekämpfung und Vernichtung von Infectionserregern, da wird auf die Anwendung von Leinen als Bekleidungsstoff nicht verzichtet werden können.

Der Gebrauch der Leinencharpie in früheren Zeiten ist wahrscheinlich auf das kräftige Aufsaugungsvermögen derselben, vielleicht auch auf die grössere Reinheit derartiger Gewebstücke anderen gegenüber zurückzuführen. Die glattgewebte Leinwand wird auch da mit Vortheil angewandt, wo man darunter liegende Gewebe u. dergl. vor Beschmutzung schützen will, so mit Vortheil z. B. bei dem Bette.

Veränderungen durch die Erhitzung in Wasser werden auch bei den Leinengeweben wahrgenommen. Alle in nachstehender Tabelle aufgeführten Gewebe nehmen an Dicke zu. Die glatten Gewebe mehr als die andern.

Tabelle XVII.

Leinengewebe.

Gewebe	Dicke		Flächengewicht		Spec. Gewicht	
	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher	nachher
Feines Leinen .	0,285	0,455	0,016	0,017	0,560	0,379
Grobes Leinen .	0,662	0,780	0,026	0,027	0,393	0,346
Leinentrikot .	0,842	0,927	0,025	0,025	0,296	0,271
Kneipp . . .	0,920	1,057	0,018	0,023	0,195	0,217

Am wenigsten ändert sich das Flächengewicht. Das spec. Gewicht sinkt nach dem Erwärmen bei feinem und grobem Leinen, wie auch bei dem Leinentrikot, nur der sogenannte Kneippstoff nimmt zu, doch nicht erheblich. Im Ganzen sind die Veränderungen der Leinwand durch die Hitze geringer als die der Wolle.

Ich komme also zu dem Schlusse, dass man von einem Leinensystem der Bekleidung überhaupt nicht sprechen kann. In unserem Klima ist eine generelle, ausschliessliche Bekleidung mit Leinen, noch dazu mit den glattgewebten Stoffen nicht durchführbar, und wenn man es versuchen will, für geringe Kältegrade eine durchaus leinene Kleidung aufzubauen, so kommt man zu völlig irrationellen Verhältnissen des Kleidungsgewichts und der Kleidungsventilation.

Innerhalb eines begrenzten Gebietes kann man ja von diesen Geweben Gebrauch machen, zur Bekleidung im Hochsommer oder unter Verhältnissen, die diesen ähnlich sind; bei Schweisssecretion aber zeigen gerade die Leinenkleidungen sehr unbequeme und ungünstige Eigenschaften, die zur Empfehlung derselben nicht eben beitragen können. Inwieweit die Bestrebungen, durch Trikotweberei poröse Leinengewebe zu erhalten, von Erfolg gewesen sind, werden wir später noch eingehend erörtern. Ich möchte aber schon hier auf das hinweisen, was ich vor Jahren betont habe, dass das Leinen einer Verarbeitung zu lockeren Geweben grosse Hindernisse bereitet, die Handelswaare meist viel dichter und schwerer ist als diejenige aus Baumwolle und die Lockerheit nur erreicht durch Freilassen grosser Hohlräume, welche den Bewegungen der Luft manchmal einen relativ zu freien Spielraum lassen.

II. Die Unterkleidung und deren Reformen.

Glatte Baumwolle- und Leinengewebe.

Nach unseren Darlegungen gibt es also heutzutage kein sogenanntes Radikalsystem, welches im Stande wäre, der übernommenen Aufgabe wirklich gerecht zu werden; am unvollkommensten ist das Leinensystem, weil es sich überhaupt nur im beschränkten Maasse zur Hochsommerkleidung eignet, weit verwendbarer, allerdings auch nicht allgemein ist das Wollensystem.

Wir wenden uns nun den vielen Bestrebungen zu, welche das Ziel, die Unterkleidung zu verbessern, verfolgen. Der Ver-

besserung bedürftig ist allerdings die gewöhnlich getragene Unterkleidung aus glatter Baumwolle und aus glattem Leinen sehr. Wir haben im Vorhergehenden bei dem Leinensystem dargethan, wie mannigfache Nachtheile solch ein dünner, leichter Baumwollen- oder Leinenstoff mit sich bringt und wie er so ziemlich den Inbegriff Alles dessen darstellt, was sich Ungünstiges über die Männerkleidung sagen lässt. Wer hält uns ab, hier gesunde Reformen durchzuführen?

Zunächst der Umstand, dass man die Nachtheile der gerügten Bekleidungsweise noch viel zu wenig kennt. Aber selbst wenn man sich einmal von den Uebelständen überzeugt haben wird, wird eine thörichte Scheu, mit alten Gewohnheiten zu brechen und das Gefühl, mit der üblichen Art der Unterkleidung gegen Mode und Sitte zu verstossen, noch lange eine rationelle Verbesserung lähmen. Wie die Nachtheile glatter Leinen- und Baumwollgewebe zu Stande kommen, ist schon bei dem Kapitel Leinensystem und früher erörtert worden; es sollen deshalb in Folgendem namentlich diejenigen Momente, welche sich als besonders störend erweisen, gewürdigt werden. Die Hauptkalamität der Verwendung dünner glatter Gewebe aus vegetabilischen Fasern liegt nicht nur in den Grundeigenschaften dieser Gewebe, sondern noch mehr in den Präparationsmethoden, denen man sie nach der jedesmaligen Reinigung unterzieht, begründet.

Das Leinenhemd (oder Baumwollenhemd) des Mannes ist an der Brust meist durch eine Doppellage verstärkt, so weit es ungefähr wegen des Ausschnittes der Weste frei liegt. Ist auch die Brusthaut gegenüber Abkühlung nicht so empfindlich wie die Bauchhaut, so ist sie doch empfindlicher als die Haut des Armes und der Beine, die ausserdem immer besser bekleidet sind. Der Verhütung stärkerer Abkühlung an der Brust soll offenbar — neben anderem — die doppelte Stofflage dienen. Diese sichtbaren Theile des Hemdes werden gebügelt und gestärkt und bis zu einem gewissen Grade kann auch diese Bearbeitung unter dem Gesichtspunkt einer Schutzmaassregel, welche die erkältende Wirkung des Windes lindern soll, aufgefasst werden. Nach einer

andern wichtigen Seite hin ist sie aber ein Schaden, weil die natürliche Lüftung der Haut zu allen Zeiten gehemmt und aufgehoben ist.

Die Luftundurchgängigkeit[1]) aber bedingt die Ansammlung von Feuchtigkeit, die sich bereits bei mässig hohen Temperaturen zu Schweiss condensirt, den Stoff weich macht und dessen Zusammenfalten und Anlegen an die Haut bedingt, während unter den gleichen Bedingungen ein luftiger Stoff dem Entweichen des Wasserdampfes keine Schwierigkeiten bereitet.

Es gibt ja freilich Fälle, unter welchen die Hautthätigkeit eine sehr geringe ist, so beim Ruhenden bei mittleren Temperaturen, wo sich die unangenehmen Störungen gestärkter Wäsche weniger offenkundig bemerkbar machten, aber da sind sie eben doch und sie äussern sich für uns messbar in dem Steigen des CO_2-Gehaltes unter dieser Hautbedeckung und durch die Behaglichkeit, welche man empfindet, wenn ein solches Kleidungsstück gegen ein luftigeres ausgewechselt wird.

In den allgemeinen Betrachtungen über den Aufbau der Kleidung habe ich besonders betont, dass Wärmehaltungsvermögen und Lüftbarkeit in einem gewissen Zusammenhang mit einander stehen müssen. Je wärmehaltender der Stoff ist, und je mehr er auch bei plötzlichen Arbeitsleistungen des Körpers noch genügen soll, desto luftdurchgängiger muss er sein. Die dünnen, glatten, geglätteten oder gar gestärkten Hemden führen dahin, dass bei relativ mässiger Ueberwärmung bereits Schweissausbruch zu Stande kommt.

Die gestärkte Brust des Hemdes ist nichts weiter als ein Repräsentationszeichen, das der Einzelne im Leben ebensowenig selbstständig ganz beseitigen und umgehen kann, wie manche andere unzweckmässigen gesellschaftlichen Gebräuche und Vorschriften.

Zu beseitigen wäre der Uebelstand durch den Schnitt der Weste; schliesst dieselbe fast bis an den Hals, so fällt für Jedermann die Nothwendigkeit der gestärkten Hemden weg. Das

---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXV, S. 286.

Plätten wird auch jetzt nur soweit geübt, als das Hemd zum Vorschein kommt.

Aenderung des Kleidungsschnittes, um die Beseitigung des Stärkhemdes anzubahnen, ist eine wesentliche Aufgabe einer vernünftigen Kleidungsreform. Man beklagt sich so häufig, dass es nicht gelingen will, bei der Frau den unzweckmässigen Gebrauch des Corsetts zu beseitigen; bei dem Manne haben wir einen ganz ähnlichen Kampf, der vielleicht nicht viel früher zu Ende kommen wird, als jener gegen das Corsett. Die Nachtheile des gestärkten Hemdes sind ganz die gleichen, ob man nun Leinen- oder Baumwollstoff trägt.

Es wird behauptet, dass durch Anwendung anderer Stärkemittel als die jetzt üblichen sind, der Verschluss der Poren verhütet werden kann; abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit eines derartigen Erfolges wird der Werth eines solchen Mittels auch wegen der Erwägungen, welche man überhaupt bezüglich des Tragens eines dünnen Gewebes als Hemd, anzustellen berechtigt ist, ziemlich illusorisch.

Man hat vielfach versucht, an Stelle des gestärkten Hemdes die ungestärkten anzuwenden und erkennt den Vortheil grösserer Luftigkeit an. Der ungestärkte Stoff ist auch weicher, zeigt die Tendenz zur Faltenbildung und wird, ohne die Lüftbarkeit dabei einzubüssen, auch wärmer.

Wenn die Leinenreform ernstlich dafür thätig ist, die gestärkten Hemde aus der Welt zu schaffen, so versieht sie einen guten Zweck. Ich habe schon erwähnt, dass man aber nicht an Leinen absolut gebunden ist, sondern, dass auch andere glatte Gewebe getragen werden können. Ein Baumwollstoff braucht nicht als weniger gut angesehen zu werden als Leinen und auch glatte Seide lässt sich verwenden, wenn man diesen Luxus sich erlauben will. Ob und inwieweit man mit derartigem Hemdenmaterial auskommt, das ist von verschiedenen Umständen, auf die a. a. O. hingewiesen wurde, abhängig.

Das Stärken des Hemdes ist nur eine Ursache, warum es in den gewöhnlichen glattgewebten Hemden so oft zur vollkommenen Durchnässung und zum Anlegen an die Haut kommt

Das einfache Plätten bringt bereits eine störende Aenderung der Eigenschaft des Kleidungsgewebes zu Stande.

Feines gebügeltes Leinen hatte 0,285 mm Dicke bei 0,016 g Flächengewicht; nach dem Waschen war es auf 0,455 mm Dicke gekommen bei 0,017 g Flächengewicht, das spec. Gewicht nahm also von 0,560 auf 0,379 ab.

Das Bauernleinen hatte 0,662 mm Dicke und 0,026 g Flächengewicht; es nahm auch nach dem Waschen an Dicke zu auf 0,780 mm bei 0,027 g Flächengewicht; das spec. Gewicht nahm ab von 0,393 auf 0,379.

Hier haben wir also im Wesentlichen durch Bügeln und Mangeln bedingte Abnahme der Dicke, ein Einfluss, welcher nach dem Waschen zunächst wieder ausgeglichen wird.

Lässt man Leinen stärken und bügeln, so nahm es von 0,455 mm auf 0,317 mm Dicke ab und das Flächengewicht stieg durch eingelagerte Stärcke auf 0,019, das spec. Gewicht betrug 0,599 gegenüber 0,379 im gewaschenen aber ungebügelten Zustand.

Man sieht also, welche enorme Unterschiede eine an sich von den Meisten wenig beachtete Prozedur wie Bügeln und Stärken ausüben.

Wenn somit namentlich die gesteigerte Wasserdampfausscheidung die Hauptursache ist, warum die glatten Stoffe nach Plätten und Stärken unerträglich werden, so kann man natürlich unter Umständen ohne gröbere Störungen auskommen, falls es sich um Personen handelt, deren Lebensart und Lebensberuf eine verstärkte Muskelleistung oder einen Aufenthalt in überwärmten, feuchten Räumen ausschliessen. Solche Fälle sind aber doch recht selten und für die meisten Menschen müssen sich, auch wenn ungeplättete und ungestärkte dünne Hemden getragen werden, gewisse Nachtheile ergeben, die sich leicht durch eine rationellere Bekleidungsweise fernhalten lassen.

Die feinen glatten Gewebe sind sämmtlich zu wenig permeabel. Diesen Uebelstand kann man nie dadurch beseitigen, dass man eine luftigere Oberkleidung trägt, denn auch diese Anordnung würde ein Vordringen der Luft bis an die Haut nicht

ermöglichen. Der Träger einer solchen Kleidung wird den geringen Luftwechsel nicht fühlen und an die unzweckmässige Kleidung, welche bei Bewegungen leicht schwül wird und bei steigender relativer Feuchtigkeit in der Atmosphäre gar bald zu Durchnässungen führt, sich akkomodiren.

Wir haben den Satz begründet, die erste den Körper deckende Schicht soll nicht dünn sein, weil es sonst unbedingt bei geringfügigen Durchnetzungen zum Anliegen des Stoffes kommt. In dieser Hinsicht sind fast alle glatten Gewebe aus Leinen und Baumwolle ungenügend. Wenn man solche glatte Gewebe aber tragen will, so wähle man die dickeren derselben aus und solche mit starkem Faden. Ein kräftig gedrehter Faden bedingt meist das Entstehen von Hohlräumen, welche von Wichtigkeit für den Luftdurchgang sind. Bei Leinen wird man eher noch auf solche in leidlichem trockenen Zustand durchgängige Gewebe treffen als bei Baumwolle. Im benetzten Zustand wird grobes Leinen sehr steif durch Quellung und legt sich dann weniger an die Haut als der feinere Stoff.

Alles in allem genommen zeigt sich die ältere Bekleidungsweise der Haut also nicht als zweckmässig, weil sie aus den dargelegten Gründen sowohl im trockenen als namentlich im durchfeuchteten Zustande in thermischer Hinsicht wie auch für das Lüftungsbedürfnis den Aufgaben des Körpers nicht gerecht wird. Wenn sie auch unter bestimmten Voraussetzungen in Einzelfällen nicht gerade schädigend wirkt, also zulässig erscheint, so wird sie doch durch sehr viele andere Gewebe auch dabei in ihrer Brauchbarkeit übertroffen.

Man hat vorgeschlagen, die Hemden weiter herstellen zu lassen, als es gegenwärtig üblich ist, um sie wärmer zu machen. Legt sich ein Stoff in Falten, so nimmt er an Dicke und damit an wärmehaltender Wirkung zu; aber diese Wirkung ist unsicher wegen der Compression der Falten und für den benetzten Stoff, der zusammenklappt, geradezu illusorisch.

Ein Mittel zur Abwehr der nachtheiligen Eigenschaften mancher glatter Hemdenstoffe hat man darin gefunden, dass man sogenannte Ventilationshemden hergestellt hat. Ihr Brust-

stück besteht, wie üblich, aus gestärktem Leinen, das übrige Hemd aus einem dünnen oder stärkeren Leinentrikot. Meines Wissens haben sich dieselben in weiteren Kreisen nicht eingebürgert, aus Gründen, die wir schon oben bei Besprechung der Leinentrikots erörtert haben. Ich meine auch, dass man die lebhafte Ventilation durch den Leinentrikot gerade im Gegensatz zu der Stagnation der Luft unter dem impermeablen Brusttheil sehr fühlt und auffälliger findet, als wenn das Hemd im Ganzen luftdurchgängig ist. Ich halte es für besser mit dem System des glatten gestärkten Hemdes ganz zu brechen, als durch ein halbes System die Lebensfähigkeit veralteter Einrichtungen zu erhöhen.

Netzstoffe und Luftisolirung.

Die bei glatten, dünnen Leinen- und Baumwollstoffen in den Sommermonaten so häufige Durchnässung des Hemdes, das störende Ankleben, Nässe- und Kältegefühl in solcher Kleidung hat dahin geführt, dass man unter dem Hemde Unterhemden getragen hat, die als Isolirschicht dienen und das Gefühl der Nässe und Kälte beseitigen sollen.

Da auch diese Wirkungen der Netzstoffe und Netze bis jetzt nie einer wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen worden sind, so will ich in Folgendem ihre Eigenschaften schildern, ihre Nachtheile und Vortheile hervorheben. Man kann zwei verschiedene »Unterjacken« unterscheiden, solche welche gewissermaassen durchlöcherte Gewebe darstellen; diese will ich Netzstoffe heissen und einfach aus Fäden geknotete Netze.

Die geknüpften Netzjacken haben den Nachtheil, dass die Knoten sich gelegentlich in höchst unangenehmer Weise bemerkbar machen, so z. B. an den Stellen, wo am Rücken die Hosenträgerkreuzung liegt, können Aufschürfungen entstehen, wenn Aermel vorhanden, wird das Auflegen der Arme beim Schreiben schmerzhaft u. dergl.

Das System, Netzjacken als Unterhemden zu tragen, hat sich ungemein rasch eingebürgert; dazu mag mit der Umstand

beigetragen haben, dass diese Gewebe wegen des geringen Materials, aus welchem sie bestehen, sehr billig hergestellt werden können.

Die Netzstoffe gelten ganz allgemein als eine Bekleidungsweise, welche sich der Wärme des Sommers und Hochsommers gut anpasst. Meine Untersuchungen über die wärmesparende Wirkung einer aus glattgewebter Leinwand bestehenden Bekleidung haben gezeigt, wie mangelhaft die Luftisolirung durch Falten wirkt, weil diese an wechselnde Eigenschaften eines Stoffes im trockenen und feuchten Zustande gebunden ist. Eine rationelle Kleidung muss zum Mindesten stationäre Verhältnisse schaffen und den Luftgehalt der Kleidung beständig halten, daher ist eine Bekleidungsmethode, welche sich in ihren thermischen Eigenschaften wesentlich auf die wärmende Wirkung der zufällig in den Zwischenschichten und Falten eingelagerten Luft stützt, keine rationelle.

Dieser Vorwurf trifft die Netzjacken nicht in besonderer Weise, weil ja hier die überlagernden Stoffe zumeist sehr viele einzelne Stützpunkte, welche ein Zusammenbrechen der trockenen oder nassen Kleidung verhindern, vorfinden. Aber bis zu einem gewissen Grade macht sich die ungünstige Wirkung der Faltenbildung doch auch noch durch den Netzstoff hindurch geltend.

Die Netzjacken werden in den allermannigfachsten Anordnungen hergestellt; die Grundstoffe sind theils Leinen, theils Baumwolle. Manche geknoteten Netze sind in ihren Maschen so weit, dass man mit einem oder selbst zwei Fingern hindurchkommen kann, andere bestehen aus einem trikotartigen Gewebe, in welchem mehr oder minder grosse Lücken freigelassen sind. Die Letzteren verhalten sich also ähnlich, als wenn man aus einem Trikotstoff mit einem Locheisen einzelne Löcher ausgeschlagen hätte.

Ihren Zweck, die Haut vor den nassen Hemden zu schützen, erreichen die Netzjacken nur dann, wenn sie nicht zu weitmaschig sind und wenn das Gewebe der Netzstoffe selbst ein anderes ist als das glatte Gewebe des Hemdes. Dies letztere trifft nach meiner Erfahrung in der That immer zu. Einen absolut sicheren

Schutz gegen das Gefühl von Kühle und Kälte beim Tragen der durchnässten Stoffe am Leibe bietet keines dieser Gewebe.

Die Wirkung der Netzstoffe lässt sich zum Theil schon aus ihren elementaren Eigenschaften ableiten. Bei der Construction derselben hat man einen ganz entschiedenen Missgriff gethan. Man wollte etwas schaffen, was die Haut vor Nässe schützt, dabei aber hat man nicht beachtet, dass der Netzstoff doch an sich ein Gewebe ist, das wärmehaltend wirken muss und zur Sommerkleidung hinzugefügt, deren schweisstreibende Wirkung zu vermehren im Stande ist.

In nachstehender Tabelle sind die Zahlen über Dicke, Flächengewicht und spec. Gewicht eines Baumwollnetzstoffes in seiner Combination mit einem Leinenhemd eingetragen.

Tabelle XVIII.

Stoffe	Dicke in mm	Flächengew. in g p. 1 qcm	Spec. Gewicht	Luft	Feste Stoffe in %
Netzstoff	0,88	0,0078	0,0886	93,2	6,8
Feines Leinen	0,25	0,0187	0,748	42,5	57,5
Leinen und Netzstoff	1,286[1])	0,0265	0,206	84,2	15,8
Feiner Lahmann	1,100	0,0217	0,199	84,7	15,3
Wolltrikot	1,120	0,0200	0,179	86,3	13,7

Der Netzstoff ist also an sich schon von nicht unbeträchtlicher Dicke. Hat aber — eine Art Trikotstoff — wegen der grossen Löcher natürlich nur ein kleines Flächengewicht, und desgleichen ein spec. Gewicht, welches niedriger ist als das des guten Kreppstoffes und eines Wollflanells. Der Luftreichthum beträgt nicht weniger als 93,2 %. Ein zum Vergleich herangezogener Leinenhemdstoff hatte 0,748 spec. Gewicht, wog pro Quadratcentimeter mehr als doppelt soviel wie der Netzstoff und die Poren machten nur 42,5 % des Stoffes aus. Wir

1) Der Leinenstoff legt sich offenbar brückenartig auf kleine Hervorragungen des Netzstoffs.

müssen aber Hemd und Netzstoff als eine einheitliche Combination betrachten, dann findet man ein spec. Gewicht von 0,206, das ist noch grösser als ein Wolltrikot und Baumwolltrikot aufweisen würden. Die Dicke der Gesammtgewebe ist auf 1,236 mm gestiegen, sie ist also noch bedeutender als einem einfachen Woll- und Baumwolltrikot zukommt. Ich habe, den Vergleich zu erleichtern, die Zusammensetzung der Jäger'schen Wolle und des Lahmann Reform-Baumwolltrikots beigesetzt. Wir machen also durch das Tragen eines Netzstoffes unter dem Hemde diese Combination zu einem dicken Gewebe, das wie gesagt, schweisstreibend wirken muss und jedenfalls die Wirkung eines Baumwolltrikothemdes erreicht.

Die Netze und Netzstoffe werden sehr häufig auch aus Leinen hergestellt, dies gab Veranlassung auch einige dieser Gewebe in Untersuchung zu nehmen. Ich habe vier Proben, wie sie mir von einer renommirten Fabrik zugekommen waren, ausgemessen. Eine war ein weitmaschiges Netz mit fingergrossen Öffnungen, die andern waren dem Leinentrikot ähnlicher, nur mit grösseren und kleineren Oeffnungen. (Siehe Tabelle 19 auf S. 61.)

Ihre Dicke war ziemlich ungleich. Der feinste Stoff war aber immer noch 0,78 mm dick, der weitmaschige Stoff hatte eine Fadendicke von 1,425 mm, wenig schwankt das Flächengewicht. Es beträgt ungefähr soviel als ein glattes Leinenhemd wiegt. Die spec. Gewichte halten sich zwischen 0,098—0,259. Von den »Geweben« hatte keines unter 0,182, sie waren mindestens also schon dem Trikotgewebe ähnlich an Dichte. Zusammen mit einem Leinenhemd getragen, ändert die Combination ihre Eigenschaften in ungünstiger Weise.

Selbst die dünnste erreicht mit 1,027 mm einen Woll- und Baumwolltrikot, und das dicke Netz entspricht sogar 1,67 mm, erreicht also fast die Dicke eines Winterwollstoffs. Das spec. Gewicht fällt im günstigsten Fall auf 0,197 und steigt bei den dünnern Geweben bis 0,379. Die Verhältnisse sind hierin im Vergleich mit einem Baumwollnetzstoffe noch ungünstiger geworden.

Tabelle XIX.
Netzstoffe, Leinen.

Stoff	Dicke in mm	Flächen-gew. per 1 qcm in g	Spec. Gewicht	Luft %	Festes %
Netz, weitmaschig	1,425	0,014	0,098	92,5	7,5
Netzstoff, grau	1,095	0,020	0,182	86,0	14,0
Netzstoff, weiss	0,932	0,024	0,256	80,3	19,7
Netzstoff, weiss, engmaschig	0,777	0,020	0,259	80,1	19,9
Netz	1,425	0,014	0,098	92,5	7,5
Glattes Leinen	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5
Combination	1,675	0,033	0,197	84,9	15,1
Netzstoff, grau	1,095	0,020	0,182	86,0	14,0
Glattes Leinen	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5
Combination	1,345	0,039	0,290	77,7	22,3
Netzstoff, weiss	0,932	0,024	0,256	80,3	19,7
Glattes Leinen	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5
Combination	1,182	0,043	0,364	72,0	28,0
Netzstoff, weiss	0,777	0,020	0,259	80,1	19,9
Glattes Leinen	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5
Combination	1,027	0,039	0,379	70,1	29,1

Wir kommen also zu dem Schluss, dass auch diese Netze wie Netzstoffe zusammen mit glattem Leinen und Baumwolle Combinationen sind, die an Dicke, spec. Gewicht in nichts von den Trikotgeweben sich unterscheiden.

Ein wichtiges Moment zur Entscheidung über die Zweckmässigkeit und Einfluss der Netzjacken bietet die Betrachtung der Ventilationsverhältnisse derselben. Hat die Anwendung von Netz und Netzstoffen mit Leinen oder Baumwolle etwas voraus vor den Trikotgeweben, die beim Laien gewöhnlich als wärmer gelten?

Durch eine einzige Lage appretirter Baumwolle gehen nur 0,722 l Luft in 5 Min. bei 0,34 mm Wasserdruck hindurch [1]),

1) Archiv für Hygiene, a. a. O.

durch einen sieben Mal so dicken Flanell bei gleichem Druck 1,138 und bei 21 Mal so grosser Dicke noch 0,887 l. Dies lässt bereits vermuthen, dass ein Trikotgewebe gleicher Dicke mit Netzstoff und darüber lagernder Leinenstoffe nicht im Lüftungsvermögen identisch sein kann. Beide Anordnungen halten vielleicht gleich warm nach der Dicke beurtheilt, aber die Lüftung ist ungleich.

Berechnet man aus meinem Versuche und den a. a. O. angegebenen Permeabilitätscoëfficienten für 0,42 mm Wasserdruck wieviel Zeit verstreicht bis durch einen Stoff bestimmter Dicke — etwa 1,0 mm für Baumwolltrikot, 0,25 mm für Leinwand — 1 ccm Luft durch 1 qcm getrieben wird, so findet sich

für den Baumwolltrikot .	0,11	Sec.
» das gewaschene Leinen	0,7	»
» appretirtes Leinen über	2,0	»

Durch den Netzstoff, welcher unter einem Leinen- oder Baumwollenhemd getragen wird, erreichen wir allerdings eine sehr günstige Combination, was den Luftreichthum anlangt. Aber trotzdem ist diese Einrichtung unzweckmässig. Man fährt besser, wenn man an Stelle dieser Combination für Luft permeable Gewebe, z. B. ein Trikotgewebe anlegt. Die unter dem Leinen- oder Baumwollenhemd stagnirende Luft ist ein grosser Nachtheil für die Behaglichkeit des Kleidungsstücks und führt zu baldiger Durchnetzung der Gewebe durch Schweiss.

Das Netz und der Netzstoff mildert nur die Unannehmlichkeit der Nässeempfindung; dagegen vermag es die störende Ueberfluthung der Haut mit Schweiss nicht zu hindern.

Die Unterlegung des Netzstoffes unter das Hemd kann aber nicht allein vom Standpunkt der Zweckmässigkeit hinsichtlich der Isolirung des durchnässten Oberhemdes betrachtet werden, sondern sie ist als Wärmeschutzmittel anzusehen, wie wir schon oben bei Betrachtung der Dicke der Netzjacken und Combinationen auseinandergesetzt haben. Dies lässt sich leicht an

der Hand der Bestimmungen über das Wärmeleitungsvermögen, welche ich ausgeführt habe, erweisen.

Mit dem Netzstoff, dem Leinenstoff und der Combination beider wurden eine Reihe von Untersuchungen über das typische Wärmeleitungsvermögen ausgeführt.

Tabelle XX.

Calor. III. Typisches Leitungsvermögen. (0,117 spec. Gewicht).

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft = 0,0000 575	k für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung und Luft = 0,0000 532	Relat. Leitungsvermögen für 6 g Füllung, Luft = 100
Baumwolle, Netzstoff . .	4,38	0,000 490	0,0000 810	140,9	0,0000 896	0,0000 829	155,9
Feines Leinen .	13,22	0,000 560	0,0001 024	178,0	0,0000 779	0,0000 720	135,4
Leinen, innen . Netzstoff, aussen	9,97 4,38	0,000 564	0,0001 039	180,7	0,0000 769	0,0000 711	133,7
Netzstoff, aussen Leinen, innen .	4,38 9,97	0,000 552	0,0001 017	176,9	0,0000 760	0,0000 703	132,2
Netzstoff . . .	8,76	0,000 579	0,0001 020	177,0	0,0001 018	0,0000 812	152,7
Lahmann-Trikot	—	—	—	—	—	0,0000 872	163,9
Baumwolltrikot	—	—	—	—	—	0,0000 810	152,5
Schwerer Lahmannstoff	—	—	—	—	—	0,0000 943	177,3

Ich habe die dem Netzstoff verwandten Gewebe, Baumwolltrikots, beigefügt. Es ist ersichtlich, dass das vorhin, nach der äusseren Beschaffenheit abgegebene Urtheil auch nach der genauen Messung zutrifft. Der Netzstoff steht im typischen Leitungsvermögen inmitten zwischen einem käuflichen Baumwolltrikot und dem dünnen Reformbaumwolltrikot.

Feines Leinen verhält sich im Leitungsvermögen, als glattgewebter Stoff erheblich günstiger. Ich habe sodann Netzstoff und Leinen das eine Mal so in das Calorimeter gebracht, dass der Netzstoff innen, das andere Mal, dass der Netzstoff aussen war. Für den Wärmedurchgang ist es, wie die Tabelle zeigt, man darf wohl sagen gleichgültig, in welcher Reihenfolge die Stoffe geordnet sind.

Sehr viele Netzstoffe sind noch dichter als die von mir verwendeten, ich habe daher noch versucht, ob sich etwas im typischen Leitungsvermögen ändert, wenn man diese Stoffe einer starken Pressung aussetzt, mit grösster Gewalt konnten 8,76 g im Calorimeter unterkommen. Wie das relative Leitungsvermögen zeigt, ist die Differenz gegenüber der lockeren Füllung (mit 4,38 g Stoff) so unbedeutend, dass man von einem Nachweis des Erfolges der starken Pressung nicht wohl sprechen kann.

Das reelle Leitungsvermögen eines Netzstoffes ist wegen seines durch die zahlreichen Oeffnungen bedingten geringen spec. Gewichts naturgemäss gering, wird aber doch, nahezu wenigstens, erreicht, wenn man aus Baumwolle ein rechts- und links-gestricktes Gewebe herstellen lässt, wie ein solches in dem schweren Lahmanntrikot vorliegt. In Bezug zu dem dichten Leinen ist freilich der Unterschied ein ganz gewaltiger.

Tabelle XXI.
Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht im Cal. bei 6 g	Natürl. spec. Gewicht	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung von x g	Leitungsvermögen bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 100	Absolutes Leitungsverm. bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 0,0000 532
Baumw., Netzstoff[1])	0,117	0,089	4,54	141,0	0,0000 750
Feines Leinen . .	0,117	0,784	38,1	324,7	0,0001 728
Feiner Lahmann .	—	0,188	—	—	0,0001 075
Baumwolltrikot .	—	0,099	—	—	0,000 1004
Schw. Lahmannstoff	—	0,122	—	—	0,0000 957

Tabelle XXII.
Absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	k für das natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel in mm	Wärmedurchgang pro 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke
Baumwolle, Netzstoff	0,0000 750	0,88	0,000 862
Feines Leinen	0,0001 728	0,25	0,006 912
Feiner Lahmann	0,0001 075	1,10	0,000 977
Baumwolltrikot	0,0001 004	1,01	0,000 994
Schw. Lahmann	0,0000 957	2,25	0,000 425

1) Mittelwerth.

Der absolute Wärmedurchgang, durch die Handelswaare in vorstehender Tabelle eingetragen, bietet für den Netzstoff wieder einen naheliegenden Vergleich mit dem Baumwolltrikot. Der Netzstoff allein hält die Wärme besser zurück als ein weit dickerer Baumwolltrikot; bei dem Gebrauch kommt aber noch ausserdem als wärmesparend die eine Lage Baumwollgewebe in Betracht. Ein Leinen- oder Baumwollhemd mit Netzstoff ist nicht wie das erstere allein, kühl haltend, sondern wärmend.

Ich habe gezeigt, dass das Tragen von Netzjacken keineswegs nur die Wirkung haben kann, die Haut vor der Berührung mit den nassen Geweben zu behüten, vielmehr muss diese Bekleidungsweise wegen ihrer wärmehaltenden Eigenschaft einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden. Ihre Wirkung ist in dieser Hinsicht eine sehr mächtige und kann geeigneten Falls sehr wohl gerade durch Hemmung des Wärmeabflusses zu einer Vermehrung der Schweissbildung Veranlassung bieten. In Bezug auf die Einlagerung von Wasser bedarf das Tragen von Netzjacken noch einer besonderen weiteren Betrachtung und Würdigung.

Der baumwollene Netzstoff nimmt für 1000 Theile Substanz 1293 Theile Wasser auf. Das zu Hemden und zu den Versuchen benutzte Leinen nur 698. Dadurch entsteht folgende Vertheilung des Wassers:

	Volumen trocken		1000 Theile nehmen Wasser auf	Volumen in benetztem Zustand		
	Luft	Festes		Luft	Festes	Wasser
Leinen . .	42,5	57,5	698	0	57,5	53,2
Netzstoff .	93,2	6,8	1293	84,7	6,8	11,5

Durchnetzt sich also die combinirte Unterkleidung, so schliesst Leinen alle Poren und quillt auf (Vol. 109,7), Der Netzstoff selbst kann natürlich nur innerhalb seines Gewebes einen Theil

der Poren schliessen, während die grossen Oeffnungen überhaupt für die Luftcirkulation unverändert bleiben. Der Luftgehalt der zwischen Hemd und Haut bleibenden Schicht ist sehr bedeutend. Trotz alledem darf man aber die Wirkung nicht nach dem Luftgehalt dieser Zwischenschicht beurtheilen. Es ist unangenehm, wenn die schweissaufsaugende Schicht der Haut fest anhaftet und das Hemd darüber gelagert einen freien, sich mit Wasserdampf sättigenden Hohlraum lässt. Man hat ein Gefühl drückender Schwüle. Selbst wenn nur der Netzstoff allein für sich das Wasser aufnehmen würde, würde, wie wir erwähnt haben, die Netzstoffleinencombination eine geringere Ventilation haben müssen als ein homogenes Gewebe von gleichem spec. Gewicht, weil eben die deckende Schicht zu wenig luftdurchgängig ist.

Leider verbreitet sich aber das aus der Haut tretende Wasser in ungünstiger Art durch den Netzstoff. Derselbe nimmt capillar ungemein schnell das Wasser auf, fast ebenso wie einer der kräftigst aufsaugenden Stoffe, der Baumwollkrepp. Da bei dem Netzstoff die aufsaugende Fläche verhältnismässig klein ist wegen der vielen Oeffnungen, so werden die Gewebepfeiler oder Gewebsbrücken, die den Stoff darstellen, nicht nur leicht die Grenze minimalster Wassercapacität erreichen, sondern sogar überschreiten. Die aufgenommene Flüssigkeit wandert ebenso rasch in den aufliegenden glattgewebten Leinen- oder Baumwollstoff hinein, der bereits durch geringe Wasserquantitäten seine Poren vollständig schliesst. Von diesem Moment ab ist für das untenliegende Gewebe jede Ventilation ausgeschlossen und es beginnt die Luft mit Wasser gesättigt zu bleiben.

In einer aus Leinen- und Netzstoff bestehenden Combination findet weniger Wasser Platz als in einer entsprechenden Menge des Trikotgewebes; in ersterer etwa 190 mg pro 1 qcm, in einem Baumwolltrikot (0,199 $\times$ 1,359) 270 mg.

Die Luftcirkulation ist bei dem Trocknen von benetzten Kleidungsstoffen von grossem Werth, weil dieselbe ein rasches Wandern der feuchten Schichten von der Wärme abgebenden

Fläche nach der kühlen äusseren Begrenzungsfläche befördert, die inneren Schichten trocknen also unter Umständen rascher als die äusseren, aber nur bei lebhafter Porenventilation.[1])

Ein glattgewebter Stoff über dem Netzstoff hebt die Luftcirkulation zum allergrössten Theile auf. Ich habe gezeigt, dass z. B. die Austrocknung von Flanell durch oben aufliegendes Leinen in allen Fällen und Trocknungsperioden erheblich gehemmt war.[2]) Wie sehr diese Hemmung der Ventilation zu frühzeitiger Ablagerung von Schweiss in der Kleidung Veranlassung werden kann, ist ebenfalls bereits erwiesen.[3])

So lange sich in einem Gewebe Poren finden, die für die Luft durchgängig sind, trocknen am schnellsten die an der Haut anliegenden Partien und stellen behagliche Zustände her, sowohl was das Wärmeleitungsvermögen, als auch was den Contakt der Kleidung mit der Haut anlangt.

In der That schwindet beim Tragen von Netzunterjacken durchaus das Gefühl der Durchnässung nicht vollständig und wenn die Verhältnisse geeignet sind, hat man auch unter dem Kältegefühl zu leiden. Bis zu einem gewissen Grade hängt dieses Kältegefühl auch von der Art des Netzstoffes mit ab, weil je nach der Porengrösse die Grösse der mit der Haut in Contakt tretenden Fläche eine verschiedene ist. Sehr grossmaschige Netze hindern den Contakt des nassen Oberhemdes mit der Haut überhaupt nicht.

Ueber die Veränderungen, welche die Leinennetzstoffcombination im Wärmeleitungsvermögen durch das Wasser erleidet, habe ich eine Reihe von directen calorimetrischen Messungen angestellt. (Siehe Tabelle 23 S. 68.)[4])

---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXV, S. 99.

2) a. a. O., S. 98.

3) Archiv für Hygiene, Bd. XXV, S. 293.

4) Zur Anwendung kamen:
1. 10,0 g Leinen + 3,5 g Wasser, 8,98 g Leinen + 6,0 g Wasser.
2. 4,38 g Netzstoff + 3 g Wasser, 4,38 g Netzstoff + 6 g Wasser.
3. 9,97 g Leinen, 4,38 g Netzstoff + 6,0 g Wasser.

Tabelle XXIII.

Substanz	Volumen			β log e	k für Luft = 0,0000 575	Relat. Zahl zu Luft
	Luft	Wasser	Festes			
Leinen	74,1	0	25,9	0,000 560	0,0001 024	178,0
	82,4	0	17,6	—	—	152,9
	73,5	6,9	19,6	0,000 740	0,0001 423	247,5
	70,5	11,9	17,6	0,000 747	0,0001 447	251,7
Netzstoff	91,4	0	8,6	—	—	140,9
Leinen und Netzstoff	85,5	5,9	8,6	0,000 879	0,0001 571	273,2
	79,6	11,8	8,6	0,000 916	0,0001 715	298,2
	71,9	0	28,1	—	—	176,9
	60,1	11,8	28,1	0,000 837	0,0001 686	293,3

Leinen wird durch die Benetzung sofort wärmedurchgängiger und wenn man die Rechnung anstellt, nimmt für 1 Volumen Benetzung das Leitungsvermögen um 13,7 % zu. Die weitere Zugabe von Wasser steigert aber das Wärmeleitungsvermögen nicht in dem entsprechenden Grade. Berechnet man aus dem Werthe für 11,9 Volumen-Procent Wasseraufnahme, um wieviel das Leitungsvermögen steigt für 1 % Volumen Wasseraufnahme, so finden wir nur 8,30 %, also wesentlich weniger wie vorher. Also auch eine geringfügige Benetzung reicht schon hin, den Wärmeabfluss hochgradig zu steigern. Wenn, wie in dem Experimente, auf 10 g Stoffe 3,5 g Wasser kommen, so ist dies = 0,35 g per 1 g festen Stoff, während Leinen bei minimalster Wassercapacität 0,638 aufnimmt.

Die Verhältnisse bei dem Netzstoff waren ziemlich ähnlich den bei Leinen erhaltenen Zahlen, denn die erste Benetzung mit 5,9 Raumtheile Wasser liess den Wärmedurchgang um 22,4 % für 1 Theil Wasser steigen, so dass für eine Raumbenetzung von 11,8 Theilen 12,5 % Zunahme auf einen Volumtheil Wasser treffen.

Die Combination von Leinen und Netzstoff zeigt bei Benetzung auf 11,8 Raumtheile Wasser einen Zuwachs um 9,86 % im Leitungsvermögen für 1 Raumtheil Wasser, es entspricht dies, soweit man ersehen kann, den für Netzstoff und Leinen getrennt aufgeführten Verhältnissen.

Eine kurze Zusammenstellung unserer Ergebnisse mit den bei Benetzung von Baumwollstoff- und Baumwolltrikotgewebe gemachten Erfahrungen zeigt, dass glattes Leinen in seinem Verhalten der glatten Baumwolle, und der Netzstoff dem leichten Baumwolltrikot sehr ähnlich sich verhält.

Tabelle XXIV.

	Zuwachs bei 0—14 Raumtheilen Wasserfüllung; für 1 % Wasser, x% an Leitungsvermögen.
Bei glatter Baumwolle	9,5 %
» glattem Leinen	8,3 »
» leichtem Baumwolltrikot . .	11,8 »
» schwerem Baumwolltrikot . .	9,4 »
» Baumwoll-Netzstoff	12,5 »
» Leinen-Netzstoffmischung . .	9,9 »

Netzstoff und Hemd verschieben sich häufig gegen einander; es kommt vor, dass das Netzhemd bei Bewegungen höher steigt und dann plötzlich das durchnässte Oberhemd die Haut berührt, was von den unangenehmen Folgen des Kältegefühls, des Anklebens u. s. w. begleitet sein kann.

Offenbar in dieser Absicht, die gelegentliche gegenseitige Verschiebung zwischen Netzstoff und Hemd auszuschliessen, ist man auf den Gedanken gekommen, an dem Leinenhemd oder Baumwollenhemd selbst isolirende Leisten anzubringen.

Stoffe mit Leisten sind meist zu hart und reizen oft bei Verschiebungen. Diese Gewebe sind noch unangenehmer als gewöhnliche Hemden mit Netzjackenunterlagen, weil sie eine sehr dunstige Atmosphäre liefern. Benetzung und starke Verdunstung ist nicht so unangenehm wie die langdauernde dunstige Atmosphäre, in welcher die Epidermis sich förmlich auflöst.

Nach dem Gesagten wird man berechtigte Zweifel über die Zweckmässigkeit des Tragens von sogenannten Netzjacken nicht unterdrücken können, wenigstens sind ihre Vortheile gerade für die Sommerszeit, wo sie ihre Dienste leisten sollen, keine so hervorragenden, als es die rasche Aufnahme dieser Sitte erwarten lassen mochte. Natürlich gibt es auch für diese Combinationen

besondere Verhältnisse, unter denen sie verwendbar sein mögen und manchmal mit Vortheil verwendet worden sind. Aber man kann in weit rationellerer Weise die Unterkleidungsfrage lösen.

Die Unterhemden und ihre Combination mit glatten Geweben.

Aus Anlass der nur ungenügenden Wärmewirkung des glatten Hemdes, auch wohl um das Kältegefühl und Festkleben durchnässter Hemdenstoffe zu verhüten, ist man zur Anwendung der sogenannten Unterhemden gekommen. Sie werden aus allen möglichen Geweben hergestellt; der Wollflanell, der Wolltrikot, Cachemir, Baumwolltrikot, Kreppstoffe und eine Unzahl anderer Gewebe haben derartige Benützung gefunden. Hätte ich alle diese Spezialgebräuche ausnahmslos berücksichtigen sollen, so würde die Zeit und Arbeit eines Jahres noch nicht hinreichen, dieses Thema zu erschöpfen.

Bei dem grossen Umfange des Gebietes, das ich zum ersten Male einer methodischen Bearbeitung unterziehe, handelt es sich in erster Linie um die wesentlich und prinzipiell wichtigen Vorkommnisse und diese zunächst sind Gegenstand nachfolgender Betrachtung. Von Systemen, die dabei in Frage kommen. ist nicht viel zu sagen, es ist mehr der Fabrikant, der den Wechsel in diese Dinge trägt, Stoffe erfindet und anbietet, die dann einen kleinen oder grossen Abnehmerkreis finden.

Ich habe zunächst folgende Fälle ins Auge gefasst:

Das Tragen von Wolltrikot, Baumwollreform-Kleidung, Wollkreppe und Baumwollkreppe.

Wir haben bei den Netzstoffen und Netzen gesehen, dass die Betrachtung des physikalischen Aufbaues allein schon eine gute Vorstellung behufs Beurtheilung des hygienischen Werthes dieser Bekleidungsweise gibt. Man wird zuerst in Betracht ziehen können, welche Aenderungen die Combination von Leinen mit einer der genannten Unterkleidungen herbeiführt. Dies hängt natürlich von der Dicke und dem Gewichtsverhältnis der Schichten ab, und die nachfolgenden Zahlen sollen nur die Bedeutung von Beispielen haben.

Tabelle XXV.

Stoff	Dicke	Flächengewicht	Spec. Gewicht	Luft %	Festes %	Die Combin. besteht aus x % Leinen oder Baumwolle
Wolltrikot, Jäger	1,254	0,022	0,160	87,7	12,3	0
Leinen, glatt .	0,250	0,019	0,748	42,5	57,5	100
Combination .	1,504	0,041	0,272	79,1	20,9	46,3
Reformbaumw.	1,10	0,0207	0,188	85,6	14,4	100
Leinen, glatt .	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5	100
Combination .	1,35	0,040	0,297	77,3	22,7	100
Wollkrepp . .	2,25	0,032	0,141	89,3	10,7	0
Leinen, glatt .	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5	100
Combination .	2,50	0,051	0,204	84,3	15,7	37,0
Baumwollkrepp	1,315	0,0206	0,157	88,5	11,5	100
Leinen, glatt .	0,25	0,019	0,748	42,5	57,5	100
Combination .	1,565	0,040	0,255	80,4	19,6	100

Die Combination Wolltrikot-Leinenhemd ändert sich nicht sehr erheblich in der Dicke, aber sehr im spec. Gewicht; denn eine einzige Lage des Leinenhemdes wiegt ungefähr ebensoviel wie die fünfmal so dicke Wollschicht. Im Mittel enthält die Combination 46,3 % vegetabilische Fasern; entsprechend der Aenderung des spec. Gewichtes ist die Aenderung im Luftgehalt.

Während ein Wollhemd allein für sich getragen 87,7 % Luft einschliesst, sinkt der Gehalt an Luft bei der Combination auf 79,1 % herab. Trägt man Baumwolltrikot als Unterhemd, so verhält es sich ähnlich, die Dichte nimmt zu, der Luftgehalt ab.

Ebenso zeigen die Verhältnisse bei den andern Geweben, dass eine einzige Stofflage Leinen stets eine ganz erhebliche Einwirkung auf die Combination besitzt, soweit das spec. Gewicht in Frage kommt.

Im Allgemeinen schwankt der Luftgehalt der Combination zwischen 84,3 bis 77 %. Im Verhältnis zur Bekleidungsweise mit einem glatten Baumwoll- oder Leinenhemd wäre dies gerade

kein ungünstiges Verhältnis. Betrachtet man die Dickenverhältnisse für sich allein, so zeigt sich, dass diese Combination, weil man für sie dieselben Gewebe nimmt, die auch allein für sich als Hemden getragen werden, die dickste Unterkleidung darstellen, die wir bis jetzt kennen gelernt haben.

Diese Anschauung bestätigt sich, wenn man die directen Messungen betrachtet, welche ich betreffs des Leitungsvermögens angestellt habe.

Die Gewebe wurden alle für sich und dann zu den Combinationen vereinigt, untersucht. Die Zahlen über das typische Leitungsvermögen gibt nachstehende Tabelle.

Tabelle XXVI.

Cal. IV. (0,266 spec. Gewicht.)

Füllung	g	β log *e*	*k*	Relative Zahl zu Luft = 0,0000 575	Relative Zahl für 6 g Füllung	*k* für 6 g Füllung u. Luft = 0,0000 532
Feines Leinen	6,78	0,000 891	0,0000 832	156,8	150,4	0,0000 800
Jägertrikot	3,25	0,000 716	0,0000 652	122,6	141,7	0,0000 754
Leichter Lahmann	4,40	0,001 036	0,0000 949	178,5	205,6	0,0001 094
Wollkrepp	4,50	0,000 800	0,0000 733	137,9	150,5	0,0000 801
Baumwollkrepp	3,05	0.000 848	0,0000 770	144,7	187,6	0,0000 998
Jägertrikot Leinen (aussen)	3,24 3,51	0,000 870	0,0000 834	156,8	150,5	0,0000 801
Lahmann Leinen (aussen)	3,03 3,51	0,001 133	0,0001 091	205,1	196,4	0,0001 046
Wollkrepp Leinen (aussen)	2,2 3,51	0,000 872	0,0000 841	158,1	161,2	0,0000 857
Baumwollkrepp Leinen (aussen)	3,03 3,51	0,001 047	0,0000 998	187,7	180,4	0,0000 960
Wellhausenstoff Leinen (aussen)	2,66 3,51	0,000 890	—	—	—	—

Daraus lässt sich für die leichtere Uebersicht folgendes ableiten.

Tabelle XXVII.

	Leitungsconstante der	
	Componenten	Combination
Leinen	0,0000 80	0,0000 801
Wolltrikot	0,0000 754	
Leinen	0,0000 80	0,0001 046
Baumwolltrikot	0,0001 094	
Leinen	0,0000 80	0,0000 857
Wollkrepp	0,0000 801	
Leinen	0,0000 80	0,0000 960
Baumwollkrepp	0,0000 99	

Leinen und Wolltrikot differiren in ihrem typischen Leitungsvermögen. Der Unterschied ist nicht gross, obschon Leinen und Wolle an sich im Leitungsvermögen sehr verschieden sind. Hier übt die ungleiche Webeweise einen grossen Einfluss, welche die Differenzen bis auf 6—7 % abgleicht. Die Combination gibt ein Leitungsvermögen, welches nahe dem Leinenwerthe liegt.

Benützen wir Leinen- und Baumwolltrikot, so ist letzteres, wie von mir schon früher erwiesen, wärmedurchgängiger als glattes Leinen, die Combination wird in diesem Falle durch den Leinengebrauch etwas wärmehaltender.

Analog verhalten sich die Combinationen Leinen-Wollkrepp und Leinen-Baumwollkrepp.

Somit kommen wir zu dem Schluss, dass eine dünne Lage eines glattgewebten Stoffes, in dem Typus des Wärmeleitungsvermögens, der einem dickeren, darunter liegendem lockeren Gewebe zukommt, eine sehr beachtenswerthe Veränderung nicht hervorruft. Eine Differenz ist auch nicht zu erwarten, wenn die Anordnung der Schichten eine andere ist, als wir sie gewählt haben. Die Combinationen zeigen solche Verhältnisse im Wärmedurchgang, wie man sie nach den sich betheiligenden Componenten hat erwarten dürfen; ein Umstand, der in ähnlichen Fällen die experimentelle Arbeit erleichtern kann.

Anders gestaltet sich die Beurtheilung des Werthes solcher Combinationen, wenn man das reelle Leitungsvermögen in

Betracht zieht. Nachstehende Tabelle gibt einen Ueberblick über die experimentell erhaltenen Zahlen:

Tabelle XXVIII.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht in Calor.	Natürl. spec. Gewicht	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung v. x g	Leitung bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 100	*k* bei natürl. spec Gewicht Luft = 0,0000 532
Feines Leinen . .	0,266	0,748	16,9	241,9	0,0001 327
Wolltrikot, Jäger .	»	0,160	3,62	125,1	0,0000 665
Leichter Lahmann	»	0,188	4,24	174,6	0,0000 928
Wollkrepp . . .	»	0,141	3,19	126,8	0,0000 674
Baumwollkrepp . .	»	0,157	3,54	139,6	0,0000 743
Wolltrikot . . . . / Leinen	»	0,272	6,15	151,7	0,0000 807
Leichter Lahmann / Leinen	»	0,297	6,71	207,7	0,0001 104
Wollkrepp . . . / Leinen	»	0,204	4,61	147,0	0,0000 782
Baumwolle . . . / Leinen	»	0,255	5,76	177,2	0,0000 942

In allen Fällen wird das Leitungsvermögen der verwendeten Unterhemden durch die Combinirung mit dem glatten Leinen erheblich vermehrt, so z. B. steigt das des Wolltrikot von 0,0000665 auf 0,0000807 in der Combination, ein Wollkrepp von 0,0000674 auf 0,0000782, bei Baumwolltrikot von 0,0000928 auf 0,0001104 und bei Baumwollkrepp von 0,0000740 auf 0,0000942.

Die wärmehaltende Dignität der Combination war also wesentlich geringer, wie wir dies annähernd schon nach der Aenderung des physikalischen Aufbaues und der Abnahme des Luftreichthums vermuthen durften.

Man kann nun zunächst ja einwenden, dass die Abnahme des reellen Leitungsvermögens noch nicht allein maassgebend sei für die praktische Beurtheilung, weil ja das Leinenhemd zu dem Unterhemd hinzugefügt, immerhin eine gewisse wärmehaltende Wirkung entfalten müsse. Im Hinblick darauf mag bemerkt sein, dass das reelle Leitungsvermögen uns beweist und

angibt, inwieweit ein rationelles Verhältnis für eine Bekleidung gegeben ist oder nicht. Nach dem Dargelegten verbessern wir die Kleidung durch die genannte Combination nicht.

Was aber den Zuwachs an Wärmehaltung anlangt, so können wir auch darüber Angaben machen, wenn wir die Zahlen über absoluten Wärmedurchgang betrachten.

Tabelle XXIX.

Stoff	*k* für das natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel in mm	Wärmedurchgang p. 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke
Feines Leinen	0,0001 327	0,250	0,005 308
Wolltrikot, Jäger	0,0000 665	1,254	0,000 530
Leichter Lahmann	0,0000 928	1,10	0,000 844
Wollkrepp	0,0000 674	2,25	0,000 299
Baumwollkrepp	0,0000 743	1,315	0,000 565
Wolltrikot und Leinen	0,0000 807	1,504	0,000 536
Leichter Lahmann und Leinen	0,0001 104	1,350	0,000 817
Wollkrepp und Leinen	0,0000 782	2,50	0,000 313
Baumwollkrepp und Leinen	0,0000 942	1,565	0,000 601

Zur leichteren Uebersicht gebe ich noch folgende kleine Tabelle.

Tabelle XXX.

Stoff	Absoluter Wärmedurchgang	Mit Leinenhemden, absol. Wärmedurchgang
Wolltrikot	0,000 530	0,000 536
Leichter Lahmann	0,000 844	0,000 817
Wollkrepp	0,000 299	0,000 313
Baumwollkrepp	0,000 565	0,000 601

Betrachtet man die Werthe über den absoluten Wärmedurchgang für die Unterhemden allein und für die Combination, so kommt man zu dem Schluss, dass die Hinzufügung des Leinenhemdes werthlos

ist. Die sich ergebenden Differenzen zeigen nicht einmal, dass die Combinirung überhaupt den Wärmedurchgang verringert.

Ist vom thermischen Standpunkt der Werth der Combination überhaupt fraglich, so kommen aber noch gewichtige Gründe hinzu, welche zu Ungunsten dieser Bekleidungsweise sprechen, oder sie doch nur in allerbeschränktestem Maasse als brauchbar erscheinen lassen.

Die Combination widerspricht dem Gesetz der Homogenität der Kleidung, das wir als wichtig so oft betont haben. Als Hemd über dem Unterhemd wird das gewöhnliche Leinen- oder Baumwollenhemd getragen, von dem wir in dem vorhergehenden Abschnitte gesagt haben, dass es günstigstenfalls, d. h. ohne alle weitere Behandlung, wie Plätten, Stärken in hohem Maasse impermeabel ist. Es wird aber thatsächlich, wenn combinirte Unterkleidung benutzt wird, immer gestärkt und geglättet benützt. In der Ventilation stellt sich also auch im trockenen Zustande die combinirte Unterkleidung als ebenso schlecht dar, wie die einfache. Stagnation des Wasserdampfes bleibt dieselbe in beiden Fällen.

Gewisse Vortheile liegen nur für den Träger einer solchen Combination für den Fall des Schwitzens vor. Der Schweiss wird, wenn er in geringer Menge erzeugt wird, zunächst von dem Unterhemd abgefangen und zurückgehalten; erreicht er aber das Oberhemd, so ist auch beim ungestärkten Material jedwede Ventilation ausgeschlossen bis die Verdunstung im Oberhemd soweit vorgeschritten ist, dass die Poren sich auf's Neue öffnen. Die Dauer der Durchnässung ist eine langwährende und in dieser Zeit befindet sich der Träger der Bekleidung wie in einem Schwitzbade. Nimmt man ein Wollunterhemd, so fällt allerdings das lästige Ankleben des Hemdes an der Haut dabei weg.

Für den Winter und sehr kalte Tage und für solche Personen, welche nicht in die Lage kommen, viele Arbeit zu leisten und Schweiss zu secerniren, machen sich die Nachtheile nicht so sehr geltend, aber auch unter günstigsten Verhältnissen ist die Luft unter dem Leinenhemd oder Baumwollhemd immer

feuchter als bei einem der Ventilation zugänglichen Gewebe und die Grenze, innerhalb welcher körperliche Leistungen ohne Bildung tropfbaren Schweisses möglich sind, wird immer enger sein, als ohne das gleichzeitige Tragen von Leinen- und Baumwollhemd.

Ersatz des Hemdes aus glattgewebten Baumwoll- und Leinenstoffen durch andere Gewebe.

Unsere Untersuchungen haben uns zu dem Ziele geführt, dass alle Verbesserungsmethoden, welche man für die Erhaltung des glatten Baumwoll- und Leinengewebes als ausschliessliche Unterkleidung angewandt hat, zu einem brauchbaren Ergebnis nicht geführt haben. Man wird sich also entschliessen müssen, durch die Technik Gewebe zu erfinden, welche die gerügten Nachtheile der bisherigen Bekleidungsweise nicht besitzen; vielleicht gelingt es auch glattgewebte Leinen- und Baumwollstoffe ausfindig zu machen, welche wesentlich besser sind, als das, was wir heutzutage besitzen. Uebrigens gibt es ja bereits eine ganze Reihe solcher Gewebe, welche abweichend von der bisherigen Webweise für Unterkleidung construirt sind und zur ausschliesslichen Verwendung kommen können.

a) Die Trikots.

Ein solches Gewebe ist der Wolltrikot, den wir schon ausführlich beim Wollsystem geschildert haben; er bedeutet gegenüber den Halbreformen der Unterkleidung einen wichtigen Fortschritt. Nur die geringe Haltbarkeit, seine Veränderlichkeit, eine beschränktere Luftdurchgängigkeit, und die meist zu beträchtliche Dicke, welche der Benützung im Sommer oder auch im Hochsommer etwas hinderlich sind, könnte zur Beanstandung Veranlassung geben.

Nach mancher Richtung hin wird an Stelle der Wolltrikots der Baumwolltrikot empfohlen. Da man annimmt, die Wollreform habe sich im allgemeinen nicht dem Körper als förderlich erwiesen, hat man empfohlen, die Trikotwolle durch ein baumwollenes Trikotgewebe zu ersetzen.

Richtig ist, dass durch den unverständigen Gebrauch von Wollhemden manche Personen aus einem förmlichen Dampfbad nicht herauskommen und sich Nachtheile für ihre Gesundheit zuziehen; dies findet man selten bei Leuten, welche nur ein Wollhemd tragen, dagegen häufig bei solchen, die Wolle als Unterhemd zu benützen gewohnt sind. Das liegt begründet im unrichtigen Gebrauch dieser Gewebe, in der unrichtigen Beschaffenheit der Wollhandelswaare, die zumeist zu dick hergestellt wird, auch in der falschen Behandlung der Wollwäsche u. A.

Mit Baumwolle sollen die gleichen Missgriffe nicht möglich sein. Ich möchte dies nicht ganz unbedingt unterschreiben; es lässt sich mit manchen lockeren Baumwollgeweben auch eine unnöthige Wärmestauung erreichen, wenn man unverständig genug ist, entsprechende Anwendung von dicken Unterjacken, Beinkleidern zu machen. Die Benützung starker Baumwollwattirungen kann durchaus hinsichtlich der Ueberwärmung zu denselben Nachtheilen, wie die Wolle führen. Als Unterhemden getragen, wäre über die Baumwolltrikots so ziemlich das Gleiche zu sagen, wie über die Wolltrikots. Unter Baumwollreform ist aber keineswegs, wie man vielleicht meinen möchte, die beliebige Anwendung dieses Grundstoffes gestattet; wie die Wollreform schliesslich nicht in der schrankenlosen Verwendung dieses Grundstoffes gipfelt, sondern streng genommen, nur dem Wolltrikot zulässt, genau so ist es auch bei dem Baumwollensystem.

Daher wird sich die Kritik der Reform auf die Feststellung der allgemeinen Eigenschaften desselben beschränken können. Das Lahmann'sche Gewebe hat an Stelle des Hemdes, das sonst aus anderem Material gewählt ist, zu treten; es ist von vornherein sehr wahrscheinlich, dass nicht wie der Erfinder meint, nur die specifischen Eigenschaften der Baumwolle, sondern die Wirkung der Dicke und des Gewebes ihren Haupteinfluss üben.

Baumwolltrikot und trikotähnliche Stoffe kommen heutzutage vielfach in dem Handel vor; auch Mischgewebe aller Art. Ich habe mich an diejenigen Stoffe bei der Untersuchung gehalten, welche dem »System« gemäss hergestellt werden.

Von den Baumwolltrikotstoffen habe ich drei näher untersucht; einen feinen Baumwolltrikot einer grossen Trikotfabrik, ferner einen feinen und einen starken Lahmanntrikot, die mir von der sie erzeugenden Firma selbst übergeben worden sind.

Tabelle XXXI.

Stoff	Dicke in mm	Flächengewicht p. 1 qcm	Spec. Gewicht	Luft in %	Feste Stoffe in %
Baumwolltrikot	1,01	0,0217	0,199	84,7	15,3
Feiner Lahmann . . .	1,10	0,0207	0,188	85,6	14,4
Schwerer Lahmann . .	2,25	0,0274	0,122	90,7	9,3
Wolltrikot.	1,12	0,0201	0,179	86,3	13,7
Bauernleinen	0,44	0,0282	0,641	50,7	49,3
Feines Leinen	0,23	0,0187	0,813	37,1	62,9
Wolle, r. u. l. gestrickt .	3,21	0,0494	0,153	88,3	11,7

Diese Trikotgewebe sind ungefärbt und ungebleicht und ausserordentlich weich anzufühlen und dehnbar. Die vielen aufragenden Baumwollfasern sind zu fein, um den von Wollstoffen wohlbekannten Kitzel zu erregen. Die Strickweise war nicht bei allen ganz dieselbe; der Stoff, den ich als schweren Lahmannstoff bezeichne, und welcher mir mit der Bestimmung als zu Unterhosen verwendbar übergeben worden ist, aber auch als Hemd getragen wird, ist, wie man zu sagen pflegt, rechts und links gestrickt.

Man hat auch einfach gestrickte Trikotgewebe von beträchtlicher Dicke hergestellt, aber dieselben gewinnen im Handel keinen rechten Eingang, da Jedermann, der auf diese Dinge achtet, die beträchtliche Schwere eines solchen Kleidungsstückes auffällt und unangenehm berührt. [1])

Die in den Handel gelangenden Unterhemden sind von verschiedener Construction, selten sind sie aus einer Lage von

1) Manche dieser Trikotgewebe sind sehr hart und schon deswegen nicht empfehlenswerth.

Stoffen hergestellt, meist ist wie bei dem Jägerwollhemd der Brusttheil verdoppelt, auch kommen solche vor, welche an Brust und Rücken aus einer doppelten Lage des Baumwolltrikots bestehen.

Ein Baumwolltrikot fühlt sich im ersten Moment des Anlegens immer kühler an als ein Wollen- oder Seidenhemd, weil der Contact der Baumwolle mit der Haut ein verhältnismässig inniger ist, wodurch eine der specifischen Wärme des Kleidungsstückes entsprechende Abkühlung erfolgt.

Im Gebrauch hat der Baumwolltrikot die etwas störende Eigenschaft, sich zu dehnen und länger zu werden unter Abnahme seiner Dicke und Erweiterung der Maschenräume.

Wie die Tabelle 31 ausweist, sind die Lahmann'schen Gewebe von nicht unbeträchtlicher Dicke. Die zu Hemden bestimmten Gewebe erreichen und überschreiten 1 mm Dicke. Im Vergleich mit den Dicken, die ein gewöhnliches Baumwollhemd aufweist (0,2—0,3 mm) oder ein Leinenhemd (0,2—0,4) hat man hier also ein starkes Gewebe vor sich.

Der zu Unterhosen bestimmte Trikot war über doppelt so stark wie der Andere, wog aber nur um 37 % mehr. Nach dem spec. Gewicht beurtheilt, entsprechen sie günstigen Mischungs-Verhältnissen, d. h. jenen, die im allgemeinen auch für die Trikots aus anderen Grundstoffen von mir bestimmt worden sind. Nur Leinentrikots weisen in der Regel weniger Luftreichthum auf, die reinen Wolltrikots sind häufig noch etwas lufthaltiger.

Was das typische Leitungsvermögen von Baumwolltrikots anlangt, so ist es nach meinen Untersuchungen absolut sicherstehend, dass eine solche ceteris paribus immer an Wärmehaltung hinter dem Wollgewebe zurückstehen muss.

Diese Erfahrung wird auch in Folgendem wieder gestützt werden. (Siehe Tabelle 32 auf S. 81.)

Die einzelnen Gewebe unterscheiden sich zum Theil recht beachtenswerth, was ihr Leitungsvermögen, für die gleiche Füllung der Calorimeter berechnet, anlangt. Am besten hielt die Wärme der von mir beschaffte Baumwolltrikot zurück, etwas wärmedurchlässiger war der echte Lahmanntrikot und sehr erheblich mehr Wärme liess das schwere Gewebe hindurch.

Tabelle XXXII.
Calor. III. (0,117 spec. Gewicht pro 6 g.)

Füllung	g	β log c	k	Relative Zahl zu Luft 0,0000 575	k für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung und Luft — 0,0000 532	Relative Zahl für 6 g Füllung u. Luft = 100
Baumwolltrikot . .	6,4	0,000 531	0,0000 916	155,7	—	0,0000 810	152,5
Feiner Lahmann . .	7,4	0,000 589	0,0001 027	178,7	0,0000 942	0,0000 872	163,9
Schwerer Lahmann	7,68	0,000 654	0,0001 143	198,9	0,0001 019	0,0000 943	177,3
Wolltrikot .	6,17	0,000 428	0,0000 740	125,8	—	0,0000 665	—

Die Grösse der hier in Frage kommenden Verschiedenheiten kann man am besten beurtheilen, wenn man die Ergebnisse hier in Vergleich setzt mit den Untersuchungen, die im Arch. f. Hyg., Bd. XXIV, S. 360, mitgetheilt sind. Dort findet sich eine Zusammenstellung über die Leitungsconstante in Abhängigkeit von der Bearbeitungsweise.

Werthe für *k* (Baumwolle).

Grundstoff	Glattgewebt	Trikotstoffe	Flanell
0,0000 892.	0,0000 641.	0,0000 810; 0,0000 872; 0,0000 943.	0,0000 757.

Unter den Baumwolltrikots nehmen die feinen und schweren Lahmannstoffe also nicht die günstigste Stelle ein. Besonders auffallend ist die hohe Zahl für den schweren Stoff. Dieser letztere lässt durch seine Webweise sogar mehr Wärme durch als wenn man die Baumwolle unverarbeitet (Grundstoff) in das Calorimeter gebracht hätte.

Besieht man sich den Stoff näher, so wird das auffallende Ergebnis verständlich; ich habe seine eigenartige Webweise schon Eingangs erwähnt. Diese bringt es mit sich, dass ein grosser Theil der Fasern directe Verbindungen zwischen den wärmeaustauschenden Flächen herstellt. Es liegt hier ein analoger Fall zu den Kreppstoffen vor.

Der Baumwolltrikot ist von gleichem physikalischen Aufbau wie der in die Tabelle aufgenommene Wolltrikot (Jäger). Es ist deshalb von Interesse zu sehen, dass die beiden Gewebe aus

Baumwolle und Wolle sich erheblich verschieden im Leitungsvermögen verhalten, der Wollstoff hat nur 0,0000665, der Baumwollstoff aber 0,0000872 als Leitungsconstante.

Aus den angegebenen Werthen kann man aber noch nicht auf die praktischen Verhältnisse schliessen; einen weiteren Aufschluss gewährt aber das reelle Leitungsvermögen.

Wenn man bei der Berechnung das natürliche spec. Gewicht in Betracht zieht, so erhält man folgende Zusammenstellung für das reelle Leitungsvermögen:

Tabelle XXXIII.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht im Calor. = 6 g	Natürliches spec. Gewicht	Die Leitung ist zu berechn. auf ein. Füllung von x g	Leitungsverm. bei natürlich. spec. Gewicht, Luft = 100	Absol. Leitungsvermögen b. nat. spec. Gewicht und Luft = 0,0000 532
Baumwolltrikot . .	0,117	0,199	10,15	188,8	0,0001 004
Feiner Lahmann .	»	0,188	9,59	202,1	0,0001 075
Schwerer Lahmann	»	0,122	6,22	180,1	0,0000 957
Wolltrikot . . .	»	0,179	8,16	133,9	0,0000 711

Die beiden zu Unterhemden zu verwendenden Baumwolltrikots zeigen bis auf wenige Procente Uebereinstimmung unter einander; der schwere Lahmannstoff, dessen Webweise den Wärmedurchgang begünstigt, erweist sich durch sein geringes spec. Gewicht und den grösseren Luftreichthum den beiden anderen Geweben an Leitungsvermögen bei natürlichem spec. Gewicht überlegen.

Dem Wolltrikot gegenüber steht im Vermögen warm zu halten der gleichdicke Baumwolltrikot auch hier deutlich zurück, dagegen nähert sich der Wolle der schwere Baumwollstoff, der freilich von ganz anderer Webweise ist und unmittelbar mit Wolltrikot gar nicht in Parallele gestellt werden darf. Vergleicht man die rechts und links gestrickten Wollstoffe, so geht auch hier deutlich der Vorzug der Wolle hervor.

Wie sich die Handelswaaren der verschiedenen Systeme verhalten, das zeigt die folgende Tabelle über den absoluten Wärmedurchgang.

Tabelle XXXIV.
Absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	k für das natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel	Wärmedurchgang pro 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke
Baumwolltrikot	0,0001 004	1,01	0,000 994
Feiner Lahmann	0,0001 075	1,10	0,000 977
Schwerer Lahmann	0,0000 957	2,25	0,000 425
Kneippstoff	—	0,965	0,000 836
Grobes Leinen	—	0,442	0,002 717
Feines Leinen	—	0,230	0,005 795
Jägerwolle	—	1,25	0,000 567
Jägerwolle, dünnstes Fabrikat .	—	0,462	0,002 056

Ich habe daraus noch kurz abgeleitet, was die verschiedenen Systeme im Durchschnitt an Waaren liefern.

Tabelle XXXV.
Absoluter Wärmedurchgang.

Gewebe	Dünnstes Gewebe	Stärkstes Gewebe
Glattes Leinen	0,005 795	—
Leinensystem	0,002 717	0,000 836
Baumwollsystem	0,000 985	0,000 425
Wollsystem	0,002 056	0,000 195

Da der Lahmanntrikot die Aufgabe haben soll, an Stelle des Leinens zu treten, so habe ich die hier einschlägigen und interessirenden Werthe noch angefügt.

Wenn Jemand, der bisher ein Leinenhemd getragen hat, die Reformbaumwolle einführt, so nimmt es uns gewiss nicht mehr Wunder, wenn ihm die »Baumwolle« besser erscheint als das »Leinen«. Es ist keine mystische Wirkung der Grundsubstanzen, sondern eine wesentliche Wirkung der ungleichen Dicke und Dichte. Feines Leinengewebe lässt nicht weniger als 6 mal mehr Wärme durch als der dicke Lahmannstoff. Auch gegenüber dem dicken Leinen zeigt sich der Trikotstoff 3 mal so wärmehaltend als das Bauernleinen.

Mit einem Wolltrikothemd von üblicher Dicke verglichen, kann sich das Baumwollreformhemd im Wärmehaltungsvermögen nicht messen, es lässt das Letztere bedeutend mehr Wärme hindurch. Das rührt von der grösseren Dichte der Baumwollstoffe, zum geringsten Theil von der Verschiedenheit im Leitungsvermögen des Grundstoffes her. Will man sich also mit Reformbaumwoll-Geweben eben so warm halten wie mit Trikotwolle, so muss man bei der Dicke der Reformbaumwoll-Gewebe wohl den nöthigen Ausgleich vornehmen. Dies bedingt dann, dass eine der Trikotwolle gleichwarme Trikotbaumwollkleidung schwerer ist als erstere.

Da wohl Niemand bis jetzt beabsichtigt hat, die Gesammtkleidung des Menschen aus Baumwolltrikot herzustellen, will ich darauf verzichten, die Berechnung für die ganze Kleidung des Menschen auszuführen. Für eine Unterkleidung liegt der Vortheil bei den Baumwolltrikots darin, dass man solche dünner herstellen kann, wie die aus Wolle, und dass sie trotz ihrer Dicke mehr Wärme durchlassen wie die Wollgewebe. Das sind Vorzüge für eine Sommerkleidung.

Besieht man sich, welche verschiedene Variation der Wärmehaltung die Gewebe der Systeme erlauben (siehe Tab. XXXV), so bemerkt man, dass die Auswahl beim Wollsystem anscheinend die grösste ist. Die üblichen Baumwollwaaren sind wenigstens für die im Gebrauch befindlichen Stoffe bei der geringsten Dicke wärmehaltender als das entsprechende dünnste Wollgewebe. Das dickere Gewebe steht aber der Wolle nach. Das Leinensystem verfügt über zwei Gewebe, die als gleichwerthig gelten, thatsächlich aber um das Dreifache verschieden sind. Das Bauernleinen hat zwar ein geringes Wärmehaltungsvermögen, ist also ein Stoff für die heisse Zeit, wie die feinsten Wollstoffe. Das starke Gewebe hält aber weit weniger warm als der übliche Wolltrikot.

Dabei ist zu beachten, dass das Baumwollsystem einen gut warmhaltenden Stoff nur erzielt hat durch Veränderung und Aufgabe der Trikotwebung, und das Gleiche ist bei dem Leinensystem versucht worden. Es würde gar keine Schwierigkeiten

machen, Leinen-, Baumwoll- und Wollgewebe von gleichem Wärmehaltungsvermögen herzustellen und liegt somit auch kein Grund vor, warum sich die Systeme wegen des angeblich ungleichen Wärmehaltungsvermögens bekämpfen.

Was die Beziehungen zur Feuchtigkeit anlangt, so hat natürlich ein lockeres Gewebe aus Gründen, die ich a. a. O. ausführlich mitgetheilt habe, insoferne einen wesentlichen Vortheil vor anderen z. B. den glattgewebten Stoffen voraus, als sich die Poren nie ganz mit Wasser schliessen. Ich komme auf die Zahlenverhältnisse weiter unten zurück.

Auffallend gering ist die Benetzbarkeit der Baumwolle, namentlich der sogenannten Reformbaumwollstoffe, wenn sie neu sind. Capillares Wasser wird beim Einhängen eines Stoffes in Flüssigkeit selbst in 24 Stunden fast gar nicht gehoben, auch beim Tragen am Körper benetzt sich die Baumwolle nur schwer mit Schweiss, er schlägt aber doch schliesslich durch. Die Benetzbarkeit ändert sich sofort, wenn man den Baumwollstoff mit Alkohol und dann mit Aether auszieht, das Wasser wird dann wie in allen Baumwollgeweben verhältnismässig rasch gehoben. Die minimalste Wasseraufnahme betrug bei dem käuflichen Baumwolltrikot 1143; bei den von der Fabrik übersandten feinen Geweben 1356 und bei den schwereren Stoffen 1076.

Daraus berechnet sich für die benetzten Stoffe folgende Zusammensetzung:

Tabelle XXXVI.

Stoff	Luft %	Wasser %	Festes %
Baumwolltrikot	62,0	22,7	15,3
Feiner Lahmann	60,1	25,5	14,4
Schwerer Lahmann	77,6	13,1	9,3

Die minimalste Wassercapacität hält sich bei den Geweben innerhalb der von mir a. a. O. für Baumwolltrikot gegebenen Grenzen.[1]) Den Luftgehalt benetzter Baumwolltrikots habe ich für die früher untersuchten Stoffe zu 61,7 % angegeben, was

1) a. a. O., S. 55.

mit den beiden feinen Trikots übereingeht. Nur der abweichend davon hergestellte schwere Lahmannstoff zeigt einen grossen Luftreichthum. Ich habe früher darauf aufmerksam gemacht, dass hinsichtlich des Luftreichthums in benetztem Zustande zwischen Woll- und Baumwolltrikots keine Differenzen bestehen.

Zwei der in Frage kommenden Trikots habe ich auch im benetzten Zustande auf den Wärmedurchgang untersucht, um zu erfahren, ob hinsichtlich dieses Verhaltens namentlich Unterschiede gegenüber der Wolle und zwischen den beiden Baumwollsorten vorhanden sind.

Ich habe die Gewebe mit so viel Wasser versehen, dass 5,9 Raumtheile, in einem anderen mit soviel Wasser, dass 11,8 Raumtheile davon vorhanden waren. Die näheren Ergebnisse enthält folgende Tabelle[1]).

Tabelle XXXVII.

Substanz	Volumen			$\beta \log e$	k für Luft = 0,0000 575	Relative Zahl zu Luft
	Luft	Wasser	Festes			
Feiner Trikot	85,5	0	14,5	0,000 589	0,0001 027	178,7
	79,6	5,9	14,5	0,000 915	0,0001 672	290,8
	73,7	11,8	14,5	0,000 952	0,0001 822	316,9
Schwerer Trikot	84,9	0	15,1	0,000 654	0,0001 148	198,9
	79,3	5,9	14,8	0,000 901	0,0001 649	286,8
	73,4	11,8	14,8	0,000 931	0,0001 784	310,3

In allen Fällen zeigt, wie kaum anders zu erwarten war, der benetzte Stoff eine Zunahme des Leitungsvermögens. Ich habe zuerst erkannt, dass nicht jede Benetzung eines Stoffes gleichartig den Wärmedurchgang beschleunigt. Die Aenderungen sind vielmehr auch von der Eigenart des Stoffes und ausserdem von den absoluten Wasserquantitäten abhängig, die ersten Wasserportionen wirken weit mehr auf den Wärmedurchgang ein als die nachfolgenden Quantitäten.

1) Bei den Experimenten mit feuchten Stoffen wurden verwendet:
a) leichter Stoff 7,4 g + 3; und 7,4 g + 6 g Wasser,
b) schwerer Stoff 7,54 g + 3; und 7,54 g + 6 g Wasser.

Bei dem feinen Baumwolltrikot veränderte 1 % Wasseraufnahme den Wärmedurchgang um 18,8 %; wenn man aber aus der Benetzung mit 11,8 % Wasser den gleichen relativen Werth ableitet, so findet man nur 11,7 % Zunahme. Es verhält sich auch hier also so, dass die Zunahme von 5,9 Raumtheile Wasser auf 11,8 Raumtheile eine kleinere Wirkung besitzt wie die Schwankung von 0 Raumtheilen bis 5,9 Wasserbenetzung.

Der schwere, zugleich aber auch different gewebte Trikot ergibt für die Grenze 0 Raumtheile — 5,9 Raumtheile Wasser ein Wachsen des Leitungsvermögens für 1 % Zuwachs um 14,9 % und für 0—11,8 Raumtheile Wasserzuwachs nur 9,44; in beiden Fällen also bestimmt weniger als bei dem gewöhnlichen Baumwolltrikot.

Einen Grund für dieses ungleiche Verhalten würde ich in der Struktur der beiden Gewebe suchen. Die schwere Trikotsorte hat sozusagen eine Fältelung, wodurch, wie ich schon mehrfach betonte, eine directe Verbindung zwischen den Wärme abgebenden und aufnehmenden Flächen hergestellt wird. Legt sich Wasser dazwischen, so wird dieses in vielen Fällen eine mehr zu den Wärme austauschenden Flächen parallele Anordnung finden, was den Wärmeverlust gegenüber einer anderen Wasserlagerung herabsetzt.

In meinen früheren Experimenten habe ich nur Raumfüllungen zwischen 0—14, von 14—28 und 44 % untersucht. Die Raumfüllung 0—5,9 lässt sich daher mit meinen a. a. O. gewonnenen Ergebnissen nicht vergleichen.

Wolltrikot[1]) zeigt zwischen 0—14 % Wasserfüllung eine Zunahme des Leitungsvermögens für 1 % um 8,33 %

der leichte Baumwolltrikots . .	11,8 %
» schwere » » . .	9,4 »
die glatte Baumwolle	9,5 »

Die Trikotstoffe aus Baumwolle zeigen bei Wasserbenetzung demnach einen rascheren Zuwachs des Wärmeverlustes wie die anderen Gewebe, die hier vergleichend in Betracht kommen.

---

1) a. a. O., S. 61.

Die Baumwolltrikotgewebe, namentlich die einfach gestrickten und besonders die sehr dicht gestrickten geben in allen Fällen bei der ersten Berührung mit dem Körper das Gefühl der Kühle.

Dies muss, wie schon mehrfach betont, darauf zurückgeführt werden, dass der betreffende Stoff ziemlich dicht dem Körper sich anlagert. Die feine Baumwolle, auch die gute ägyptische Baumwolle ist zu wenig stark, um das Gewicht der Stoffe zu tragen und ihn von der Unterlage so zu isoliren wie dies die Wollhärchen thun können. Somit wird im ersten Moment der Berührung mit der Haut sehr schnell Wärme entzogen bis eben das betreffende Kleidungsstück auf den richtigen Wärmegrad, der ihm seiner Lage nach zukommt, gebracht ist.

Ein rechts und links gestrickter Stoff hat weniger Contakt mit der Haut und bietet daher auch weniger die genannte Abkühlung bei Berührung mit der Haut.

Im vollbenetzten Zustande kann es bei den Trikotstoffen daher lokal zu einer merklichen Abkühlung kommen, die indess im allgemeinen nicht sehr erheblich ist und nicht in Vergleich mit den unangenehmen Eigenschaften glatter Gewebe gebracht werden kann.

Die Wanderung des Schweisses ist an dem Lahmann'schen Trikotgewebe gerade nicht so günstig wie in der Wolle, aber doch besser wie in anderen Materien;[1]) es bleibt also der Schweiss mehr in der Nähe der Haut liegen, wie in einem gleich lockeren Wollgewebe. Die Zersetzung des Schweisses erfolgt in Baumwolltrikot langsamer als in gewöhnlicher Baumwolle und Leinen. Die Verflüchtigung von Ammoniak ist gering.[2])

Die Lüftbarkeit des Gewebes ist eine ungemein grosse; auch wenn zur Herstellung der Gewebe die weiche und gute ägyptische Baumwolle angewandt wird, ist der Baumwollfaden von ganz anderem mikroskopischem Aussehen wie ein Wollfaden. Die Zwischenfadenräume sind gross und die Baumwollfasern liegen ganz enge aneinander. Ich gebe beistehend eine Darstellung

1) Cramer, Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 276.

2) Chelius, S. 22. Inaug.-Dissert., Marburg.

dieses Gewebes, das mit der im Archiv f. Hyg., Bd. XIII, S. 1, gegebenen Abbildung eines Wolltrikots verglichen sein mag. In dem Schnitte ist gerade eine dichtere Stelle getroffen, den bergartigen Vertiefungen an der oberen Seite entsprechen gleiche an der unteren Seite des Stoffes, zu den oberen nur etwas verschoben, so dass sie in einem dünnen Schnitte sich nicht treffen. Diese etwas schief liegenden Kanäle sind weit, etwa so wie die Abstände der quer durchschnittenen Fasern und gestatten der



Leichter Lahmann-Trikot. 20 : 1.

Luft einen aussergewöhnlich guten Durchzug. In noch erhöhtem Maasse ist Lüftung bei dem rechts und links gestrickten Gewebe vorhanden, weil dieses Gewebe an und für sich dünn, seine Dicke nur durch die Faltung erreicht.

Ich habe den persönlichen Eindruck, dass sich bei dem Baumwolltrikot der Permeabilitätscoëfficient bereits einer Grenze nähert, von der ab vielleicht ein genügender und ausreichender Windschutz nicht mehr gegeben ist, wenn der Stoff direct mit der Luft in Berührung steht. Dies trifft bei dem üblichen Kleidungsschnitt für den Brusttheil des Hemdes zu. Für

bedeckte Theile kommt dieser Umstand als nachtheilig nicht in Betracht. Sehr grosse Lüftbarkeit macht sich nicht bei allen gut permeablen Geweben in gleichem Grade geltend; störend wirkt sie zuerst bei solchen mit dichtem Faden und grossen Contactflächen zwischen Haut und Stoff. Diese Eigenschaften treffen bei Baumwolltrikots zu, man verträgt also ihre grosse Lüftbarkeit nicht allzu gut.

Die Permeabilitätscoëfficienten bestimmte ich für 0,42 mm Wasserdruck

bei Baumwolltrikot r. u. l. gestr. .	zu 0,3	Sec.
» » einfach gestr. .	» 1,1	»
» Wolltrikot	» 5,7	»

Die Vertheilung der Substanz ist also im Wolltrikot gleichmässiger wie in den Baumwolltrikots; dadurch entsteht der grössere Widerstand für die Luft bei ersterem.

Freilich wird Baumwolle nie, wenn eben der Schweiss ausbricht, und mit Wasserdampf gesättigte Luft die Poren durchzieht von selbst durch Aenderung der hygroskopischen Eigenschaften so wärmedurchgängig wie Wolle, die durch diese Eigenthümlichkeit die Function der Entwärmung unterstützt. Die Aenderungen im Wärmedurchgang sind mehr plötzlich mit schrofferem Uebergang, was als unangenehm empfunden werden kann. Die Weiterbeförderung der Schweissbestandtheile von der Haut ist wesentlich geringer als bei den entsprechenden Wollgeweben.

Der Baumwolltrikot ist nach den beschriebenen Eigenschaften eine Verbesserung der sonstigen Art der getragenen glatten Baumwoll- und Leinenhemden; für den Sommer kann geltend gemacht werden, dass er wenig am Körper klebt. Allerdings trifft dies in vollstem Maasse nur für das neue Gewebe zu, während nach öfterem Tragen und Waschen das Aufsaugungsvermögen steigt und die Klebewirkung auch grösser wird. Bei starker Schweissbildung sickert das Wasser allmählich nach abwärts und kann zu starker Durchnässung solcher Hautparthien führen, welche leicht durch die Bewegung beim Gehen oder lebhaftem Marschiren wund zu werden pflegen. Die gewöhnlichen 1,0 mm starken

Trikots können kaum durch leichtere ersetzt werden, weil sonst das Kleben an der Haut sehr leicht herbeigeführt wird.

Bei Wind bemerkt man auf solchen Stellen, wo das Hemd frei liegt, ein leichteres Eindringen des Luftzuges zur Haut als bei den Wolltrikotgeweben. Benützt man einen solchen Stoff als Winterhemd, so muss die darüber liegende Kleidung dicker werden, damit der Wärmeausfall, den das Tragen der Baumwolltrikots bedingt, in anderer Weise wieder abgeglichen werde. Thermisch äquivalente Wolltrikots und Baumwolltrikots sind von ganz ungleichem Gewicht, letzterer ist weit schwerer. Dem Leinenhemd, auch dem groben gegenüber ist der Baumwolltrikot als ein Fortschritt der Bekleidung anzusehen.

Hinsichtlich der Reinigung bei der Wäsche verträgt Trikot aus Baumwolle gröbere Eingriffe und höhere Temperaturen wie der Wolltrikot; er büsst aber doch allmählich an Weichheit ein und verändert namentlich die Form, wird weiter, zieht sich nach der Länge. Dies geschieht auf Kosten der Maschenweite. Die letztere wird immer grösser, was den Nachtheil mit sich bringt, dass die bewegte Luft stellenweise lebhafter eindringt als dem Gefühl angenehm erscheint. Bei dem Erhitzen in kochendem Wasser werden die meisten Baumwollgewebe, Flanelle, Trikot, glatt gewebte Stoffe wenig verändert. Sie nehmen etwas an Dicke zu und das Flächengewicht steigt. Bei Flanell, Krepp, Trikot nimmt das spec. Gewicht etwas zu, bei glatter Baumwolle (Köper) dagegen etwas ab.

Tabelle XXXVIII.
Baumwollgewebe.

Gewebe	Dicke		Flächengewicht		Spec. Gewicht	
	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher	nachher
Flanell . .	1,600	1,630	0,022	0,023	0,137	0,141
Krepp . .	1,222	1,265	0,021	0,028	0,172	0,221
Trikot . .	1,150	1,177	0,017	0,020	0,148	0,170
Köper . .	0,290	0,402	0,014	0,016	0,483	0,399

Bei der grossen Haltbarkeit des Leinens und der Unverwüstlichkeit seiner Producte ist es ziemlich selbstverständlich, dass man auch versucht hat, an Stelle der Baumwolle bei der

Herstellung von Trikotgeweben auch Leinen als Grundsubstanz zu verwerthen; es sind sehr zahlreiche Producte dieser Art in den Handel gebracht worden.

Ich habe bereits früher schon auf dieselben hingewiesen. Alle mir zugekommenen Producte erwiesen sich als verhältnissmässig dicht — im Mittel 0,348 spec. Gewicht und wenig comprimirbar; also hart und namentlich zeigte sich beim Tragen, dass man an stark frottirten Stellen beim Marschiren an der Haut durchgerieben und wund wird. Die Härte des äusserst widerstandsfähigen Fadens setzt eben auch der gewandtesten Verarbeitung fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Gemäss der grösseren Dichtigkeit schliessen sich bei Benetzung der Leinentrikots ihre Poren sehr erheblich und weit mehr als dieselben bei anderen Trikotgeweben geschlossen werden. Auch nach öfterem Waschen bessern sich die Eigenschaften nicht wesentlich. Wegen des höheren spec. Gewichts sind diese Leinentrikots auch schwer und deshalb unbequem.

Bei gleichem spec. Gewicht sind die Leinentrikots luftdurchgängiger als Gewebe aus Wolle und Baumwolle, weil die Leinenfaser an sich ungemein dicht ist; die grössere Luftdurchgängigkeit bei gleichem spec. Gewicht kommt also durch eine ungleiche Vertheilung von Lufträumen und fester Substanz zu Stande. Höhere Lüftbarkeit auf dem genannten Wege zu erreichen, erscheint im Allgemeinen nicht zweckmässig, weil dadurch leicht das Gefühl unbehaglicher Kühle im Winde entsteht.

Im Anschluss an den Woll- und Baumwolltrikot mögen auch noch kurz die Seidentrikots, welche in dem Handel vorkommen, erwähnt sein. Die Seide hat ja mancherlei Vorzüge, welche nicht zu verkennen sind. Die Seidengewebe sind haltbar, von schönem Aussehen, stehen im Wärmeleitungsvermögen der Wolle sehr nahe.

Das typische Leitungsvermögen von Trikots habe ich gefunden zu[1]) bei Wolle 0,0000627
» Seide 0,0000740
» Baumwolle . . 0,0000810.

1) a. a. O., Bd. XXIV, S. 358.

Die Seide hält also zwischen Wolle und Baumwolle gerade die Mitte. Seidentrikots lassen sich ebenso locker und mit demselben spec. Gewicht herstellen wie Wolltrikots.[1]) Die Seide steht an Elasticität und Comprimirbarkeit der Wolle nur wenig nach, der Baumwolle und dem Leinen entschieden voran. Auch eine gewisse Rauhigkeit verschafft dem Seidentrikot eine behagliche Isolirschicht zwischen Haut und Gewebe.

Da aber die Seide sehr theuer ist, werden sich solche Stoffe natürlich schwer einen grossen Kundenkreis erobern; Seidenstoffe sind allemal dünner als die Waare aus anderen Grundstoffen. Die mir vorliegenden Seidentrikots waren fast nur halb so dick als Woll- und Baumwolltrikots.

Hinsichtlich der Wasseraufnahme unterscheiden sich Seidentrikots nicht zu ihren Ungunsten von anderem Material; sie verändern sich beim Benetzen nicht oder nur wenig. Ihr hygroskopisches Verhalten stellt sie nahe der Wolle.

Die dünnen Trikots, wie sie aus Seide hergestellt werden und allerdings weit dauerhafter sind als Woll- und Baumwollgewebe gleicher Structur, haben den Nachtheil — den gleichdünne Woll- und Baumwolltrikot auch zeigen —, dass sie leichter ankleben als solche Trikots, welche von Haus aus dicker sind.

Der Seidentrikot wäre also, von seinem Preise abgesehen, wohl ein Gewebe, das durch seine sonstigen Eigenschaften mit Vortheil Verwendung finden könnte und namentlich da versucht werden könnte, wo Wolle des Hautreizes wegen nicht am Platze scheint.

Das Zell- und Netzstoffsystem.

Die Bemühungen, das Leinen in einer modificirten Form wieder als Grundlage einer rationellen Bekleidungsweise zu verwenden, sind nicht aufgegeben worden, obschon die Schwierigkeiten für die Technik wie wir hervorgehoben haben, hier weit grösser sind, als bei allen anderen Grundstoffen. Es ist ein neues System empfohlen worden, Zellenstoffsystem

1) a. a. O., Bd. XV, S. 44.

benannt. Die Unterkleidung besteht nach diesem aus zwei Kleidungsstücken. Auf der Haut wird das Patentzellhemd getragen, ein Gewebe mit grossen weiten Lücken, eine Art Netzjacke; der Stoff hat aber keine Knoten. Die Balken dieses Stoffes sind nicht einfache Fäden, sondern selbst ein Gewebe mit unauflösbarer Bindung. Darüber wird alsdann ein Patentmaschenhemd (Netzstoff) angelegt. Zwischen den einzelnen Fäden bleiben kleinere Lücken. Der Stoff stellt eine Art Gitterwerk dar. Vor das Auge gehalten kann man durch die Lücken des Gewebes bequem hindurchsehen. In den Anpreisungen dieses Systems wird, wie naheliegend, der Werth auf dessen Lüftbarkeit gelegt und es ist für Niemanden wohl zweifelhaft, dass die Luft durch diese kleinen Oeffnungen ohne allen Widerstand hindurch geht. Hinsichtlich der Wärmehaltung begegnet man auch bei diesem Gewebe der häufig von Laien vertretenen Anschauung, dass die Stoffe im Winter warm, im Sommer aber kühl halten. Letzteres deshalb, weil eben die Wärme auch schwer nach dem Körper zu geleitet werde. Dass dies Missverständnisse sind, darüber ist hier nicht der Platz des Weiteren zu sprechen.

Ausser dem Patentzellstoff habe ich fünf Netzstoffe näher untersucht; einen baumwollenen (Mako) und vier leinene (S und W und 50 und 70 bezeichnet). Ueber den physikalischen Aufbau dieser Stoffe gibt Tabelle 39 auf S. 95 Aufschluss.

Die Dicke des Patentzellstoffes lässt sich nur annähernd angeben, da das Gewebe ziemlich ungleich ist; im Durchschnitt wird 0,253 als spec. Gewicht zutreffend sein. Ganz ähnlich verhalten sich die Netzstoffe. Daher unterscheidet sich die Combination von Netz- und Zellstoff nicht wesentlich von den Componenten.

Das Netz- und Zellstoffsystem steht, was seine Anwendungsweise betrifft, den Netzjacken sehr nahe; nur tritt eben hier an die Stelle des wenig porösen Leinen- oder Baumwollenhemdes der poröse Netzstoff.

Die Dicke der Zellstoff- und Netzstoffcombination schwankt in den einzelnen Fällen nicht nennenswerth (1,8 mm bis 2,1 mm);

sie überschreitet die bei anderer Unterkleidung vorkommende Dicke wohl zumeist nicht unerheblich. Dem Gefühle nach sind diese Stoffe zwar weicher als Leinentrikot, am weichsten ist der Baumwollenstoff. Mir scheint aber selbst bei diesen weicheren Leinenstoffen die Gefahr des Scheuerns der Haut nicht ganz ausgeschlossen.

Tabelle XXXIX.

Stoff	Dicke in mm	Flächengew. in g pr. 1 qcm	Spec Gewicht	Luft in %	Feste Stoffe in %
Patentzellstoff . . .	1,100[1]	0,028	0,253	80,6	19,4
Netzstoff, Mako „ . .	0,895	0,024	0,269	79,3	20,7
» + Zellstoff .	2,080	0,052	0,250	80,3	19,7
Netzstoff, Qual. S . .	0,585	0,020	0,342	73,7	26,3
» + Zellstoff .	1,805	0,048	0,266	79,5	20,5
Netzstoff, Qual. W . .	0,900	0,025	0,277	78,7	21,3
» + Zellstoff .	2,085	0,053	0,254	80,5	19,5
Netzstoff, Qual. 50 . .	1,290	0,030	0,232	82,2	17,8
» + Zellstoff .	2,100	0,058	0,279	78,6	21,4
Netzstoff, Qual. 70 . .	0,805	0,023	0,286	88,0	22,0
» + Zellstoff .	1,932	0,051	0,264	79,7	20,3

Als Gesammtmittel für das Leinenpatentsystem finde ich:

Dicke	spec. Gewicht	Luftgehalt
1,98 mm	0,266	79,6

Die Gewebe sind von auffallend hohem spec. Gewicht; wenn man die grossen Porenräume, welche sie einschliessen, beobachtet, ist man erstaunt über diesen Umstand. Es hängt dies auch wieder mit der grossen Festigkeit des Leinenfadens zusammen, der also an sich ein sehr grosses spec. Gewicht besitzt, und den Effekt der grösseren Hohlräume dann bis auf einen gewissen Grad herabdrückt. Jedenfalls haben diese Zellstoff- und Netzstoffcombinationen gemeinsam das Gute, dass sie im allgemeinen ein luftigeres Gewebe erzielen, als die früheren Leinentrikots zum Theil gewesen sind. Im Gebrauch nehmen die Gewebe noch etwas an Luftigkeit zu, weil sich der Faden etwas

1) Der Stoff für jede Combination immer besonders ausgestanzt.

lockert, allerdings steigt dann auch wiederum die Dicke der Gewebe, was von Nachtheil sein kann.

Werden die Gewebe eine Stunde im Wasser von 100° gelassen, so weisen sie nach dem nachfolgenden Trocknen alle, zum Theil wesentliche Veränderungen auf. Sie kommen in geglättetem Zustande in Gebrauch, so wie wir ihre Eigenschaften (Dicke, spec. Gewicht) früher geschildert haben.

Tabelle XXXX.

Gewebe	Dicke		Flächengewicht		Spec. Gewicht	
	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher	nachher
Patentzellstoff .	1,100	1,585	0,028	0,027	0,253	0,170
Netzstoff, Mako	0,895	1,10	0,024	0,024	0,269	0,219
» S . .	0,585	0,860	0,020	0,021	0,342	0,244
» W .	0,900	1,182	0,025	0,030	0,277	0,254
» 50 .	1,290	1,127	0,030	0,030	0,232	0,266
» 70 .	0,[illegible]05	0,920	0,023	0,028	0,286	0,364

Der Patentzellstoff ist nach dem Waschen bei 100° erheblich dicker geworden, und da er sein Flächengewicht nicht verändert hat, wesentlich geringeren spec. Gewichts. Weniger hat sich der Netzstoff (Mako) verändert. Dagegen hat Sorte S stark an Dicke zu, an spec. Gewicht abgenommen. Andere (S 50 und 70) haben an Dichte zugenommen. Ob man die Stoffe ganz ungeplättet anwenden wird, ist eine Frage für sich; es muss darauf hingewiesen werden, dass das Plätten nach einer Richtung zwar unzweckmässig ist, dass es aber doch für das Ordnen und Aufbewahren der Gewebe nicht ganz entbehrt werden kann.

Das typische Leitungsvermögen der Patentzellstoffe und Netzstoffe zeigt ein ungleiches Verhalten; einige in Vergleich zu stellende andere Gewebe füge ich der Tabelle 41 auf S. 97 bei.

Der Zellstoff selbst, der unter das Hemd aus Netzstoff zu liegen kommt, stellt sich zwischen die glattgewebten Stoffe und dem Leinentrikot. Die Netzstoffe theilen sich in zwei Gruppen, S und W einerseits, Sorte 50 und 70 andererseits. Die ersteren stehen ziemlich nahe der glatten Baumwolle und dem Leinen,

die neueren Gewebe 50 und 70 nähern sich mehr dem Leinentrikot, den ich früher untersucht habe.[1]) S ist ein feiner, dünner, sehr weitmaschiger Stoff, W ein derbes Gewebe, Nr. 50 ist Gewebe mit dickem Faden, Sorte 70 mit feinerem Faden, engmaschiger als Sorte S. Der sogenannte Kneippstoff des Handels entspricht den Netzstoffen; nicht den Trikotgeweben, worauf ich schon früher hingewiesen.

Tabelle XLI.
Typisches Leitungsvermögen.

Füllung	g	β log. e[2])	k	Relative Zahl zu Luft = 0,0000 575	k für 6 g Füllung, Luft = 100	k für 6 g Füllung und Luft = 0,0000 532
Patentzellstoff . .	4,52	0,000 966	0,0000 885	153,9	171,52	0,0000 912
Netzstoff, Mako	5,30	0,001 063	0,0000 978	170,1	179,32	0,0000 954
» S . .	4,82	0,000 877	0,0000 804	139,8	149,50	0,0000 795
» W . .	6,7	0,001 076	0,0001 004	174,6	166,8	0,0000 887
» 50 .	6,88	0,001 136	0,0001 061	184,5	173,6	0,0000 923
» 70 .	5,77	0,001 043	0,0001 059	184,3	187,7	0,0000 998
Kneippstoff . .	—	—	—	—	182,9	0,0000 972
Leinentrikot .	—	—	—	—	207,1	0,0001 102
Baumwolltrikot, leichter . .	—	—	—	—	163,9	0,0000 872
Baumwolltrikot, schwerer . .	—	—	—	—	177,3	0,0000 943
Glattes Leinen	—	—	—	—	149,3	0,0000 809
GlatteBaumwoll.	—	—	—	—	152,1	0,0000 810

Das reelle Leitungsvermögen verschiebt das gegenseitige Verhältnis der Netzstoffe nur wenig. (Siehe Tabelle 42 auf S. 98.)

Gemäss ihrer beträchtlichen Dichte treten sie im Leitungsvermögen hinter Wolle, zum Theil hinter den Baumwolltrikot (schwer) zurück, nehmen aber sonst eine günstige Stelle ein, leiten weniger gut als glattes Leinen, Leinentrikot. (Siehe Tabelle 43 auf S. 98.)

1) Die Sorte Mako gehört, weil aus Baumwolle, streng genommen nicht hieher.

2) Cal. IV.

Tabelle XLII.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Spec. Gewicht in Cal. = 6 g	Natürl. spec. Gewicht	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung von x g	Leitungsvermögen bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 100	Absol. Leitungsvermögen bei natürl. spec. Gewicht, Luft = 0,0000532
Patentstoff . .	0,265	0,253	5,7	167,9	0,0000 893
Netzstoff, Mako	»	0,269	6,1	180,6	0,0000 960
» S . .	»	0,342	7,7	163,5	0,0000 870
» W .	»	0,277	6,25	169,4	0,0000 901
» 50 .	»	0,282	5,23	164,0	0,0000 872
» 70 .	»	0,286	6,46	194,4	0,0001 033
Kneippstoff . .	»	0,166	—	—	0,0000 807
Leinentrikot .	»	0,302	—	—	0,0001 186
Lahmann, leicht	»	0,188	—	—	0,0001 075
» schwer	»	0,122	—	—	0,0000 957
Bauernleinen .	»	0,641	—	—	0,0001 199
Jäger, Wolltrik.[1]	»	0,166[1])	—	—	0,0000 684

Tabelle XLIII.

Absoluter Wärmedurchgang.

Stoff	k für natürl. spec. Gewicht	Dicke im Handel	Wärmedurchgang p. 1 qcm, 1 Sec. und die übliche Dicke	Mittel
Patentzellstoff	0,0000 893	1,100	0,000 812	
Netzstoff, Mako . . .	0,0000 960	0,895	0,001 073	
» S	0,0000 870	0,585	0,001 488	
» W	0,0000 901	0,900	0,001 001	
» 50	0,0000 872	1,290	0,000 676	
» 70	0,0001 023	0,805	0,001 278	
Patent- u. Netzstoff, M.	0,0000 923	2,080	0,000 444	0,000 458
» » » S	0,0000 883	1,805	0,000 489	
» » » W	0,0000 897	2,085	0,000 480	
» » » 50	0,0000 882	2,100	0,000 420	
» » » 70	0,0000 956	1,932	0,000 495	
Kneippstoff	—	0,965	0,000 836	
Leinentrikot	—	0,300	0,003 953	
Lahmann, leichter . .	—	1,10	0,000 977	
Lahmann, schwerer . .	—	2,25	0,000 425	
Bauernleinen	—	0,44	0,002 712	
Jäger, Wolltrikot . . .	—	1,12[2])	0,000 567	

1) Mittel. 2) Mittel.

Ein wesentliches Interesse concentrirt sich noch auf die Betrachtung des absoluten Wärmedurchgangs, der sich in vorstehender Tabelle angegeben findet.

Für sich betrachtet sind die Netzstoffgewebe von ungleicher Wärmehaltung. Am günstigsten stellt sich S 50 wegen seiner Dicke. Es kommt einem Wolltrikot nahe, steht dem Baumwolltrikot voran. Der dünnste Stoff S leitet doppelt so gut wie die Sorte 50. Da aber die Netzstoffe nicht für sich allein, sondern zusammen mit dem Patentzellstoff benützt werden sollen, ist darauf Rücksicht zu nehmen.

Bei dem absoluten Wärmedurchgang (Tab. 43) habe ich auch die Werthe eingesetzt, welche für die Anwendung des Zellstoffes und des Netzstoffes Geltung haben. Diese Zahlen sind durch Rechnung so gewonnen, dass ich die Gewichte einer Lage Patentzellstoffes und einer Lage des anzuwendenden Gewebes (Netzstoffs) zur Berechnung der Mittelwerthe für die Leitung herangezogen habe. So wurde das reelle Leitungsvermögen für den einen und anderen Stoff mit dem Gewicht multiplicirt, diese Summe addirt und mit der Summe des Gewichtes dividirt. Nimmt man einfach das Mittel des Wärmeleitungsvermögens der aufeinander liegenden Stoffe, so ergeben sich kleine Fehler, die hier übrigens auch nicht von Bedeutung wären.[1])

Im absoluten Wärmedurchgang betrachtet, zeigen die Combinationen sehr einheitliche Verhältnisse, indem sie im Mittel 0,000458 als Leitungsvermögen besitzen.

Die Combination löst also im wesentlichen eine Aufgabe für den Winter, denn der absolute Wärmedurchgang ist sogar geringer als bei einem Wolltrikot; aber ein Umstand bleibt zu beachten, dass eine bessere Wärmehaltung durch Verdoppelung der Schichten, etwa wie bei den Trikots hier nicht anwendbar ist.

Sie zeigen sich etwa gleichwerthig mit einem schweren Baumwolltrikot, und halten mehr Wärme zurück als ein einfacher Wolltrikot von 1,12 mm Dicke.

1) Für Stoff S und W habe ich durch directe Messung die Zahlen controllirt und keine Abweichung von der Rechnung gefunden.

Zu einer Sommerkleidung eignet sich die vorliegende Combination aber nicht.

Für den Gebrauch ist als störend zu beachten, dass zwei besondere Kleidungsstücke an Stelle des sonst gebräuchlichen einen getragen werden müssen, und dass die Bekleidungsweise schwer ist.

In dem Verhalten zu Wasser ist bei den Zellstoffen auffallend die geringe minimalste Wassercapacität; auch für zwei der Netzstoffe ist die Menge des aufgenommenen Wassers etwas geringer als ich bei einigen anderen Leinentrikots gefunden habe. Dagegen stehen die neueren Gewebe (50 und 70) den Trikots näher. Bemerkenswerth wird, wie man an der Zusammensetzung ersieht, der Luftgehalt benetzter Stoffe, er ist bei dem Zellstoff-Netzstoffsystem kleiner als bei den Trikotgeweben aus Baumwolle und Wolle.

Tabelle XLIV.

Stoff	1000 Theile nehmen Wasser auf	Volumen		
		Luft %	Wasser %	Festes %
Patentzellstoff	902[1])	57,8	22,8	19,4
Netzstoff, Mako	1189	47,3	32,0	20,7
» S	984	40,0	33,7	26,3
» W	961	52,1	26,6	21,3
» 50	1049	57,9	24,3	17,8
» 70	1050	48,0	30,0	22,0
Baumwolltrikot	—	60,1	25,5	14,4
Wolltrikot	1278	63,4	22,9	13,7

Kreppstoffe.

Zu den Geweben, welche als Unterkleidung getragen zu werden bestimmt sind, gehören die Kreppstoffe.[1])

Kreppstoffe zur menschlichen Bekleidung hat man seit Jahrhunderten im Orient verwendet, auch bei uns hat man seit ein paar Jahrzehnten die Aufmerksamkeit auf diese Stoffe gelenkt.

1) Näheres hierüber findet sich im Arch. f. Hygiene, Bd. XXVII, S. 78.

Für die Kreppstoffe ist bereits vor mehr als zwanzig Jahren Goizet eingetreten und glaubte in ihnen die idealste Webweise zu finden. »Le crêpage est le seul mode de tissage qui réunisse pour le confection du vêtement toutes les conditions dont je viens de parler.« Unter den Grundstoffen gab er im wesentlichen der Seide den Vorzug. Als Gesundheitskrepp wurden solche Gewebe mehrfach in den Handel gebracht. Sie waren zum Tragen auf dem blossen Leibe, also als Unterhemden bestimmt.

Die Gewebe erscheinen sehr leicht; sie machen je nach der Grundsubstanz einen verschiedenen Eindruck von Rauhigkeit, fühlen sich elastisch an. Die specifische Eigenthümlichkeit liegt in der Kräuselung des Grundgewebes. Die Gewebe sind ungemein dehnbar, so dass sie ohne grosse Gewalt auf das Doppelte ihrer Länge gebracht werden können; die Dehnbarkeit ist natürlich nur in einer auf die Fältelung senkrechten Richtung so bedeutend wie erwähnt. Durch Combination der Fäden verschiedener Grundsubstanzen, welche nach verschiedenen Richtungen gelagert sind, kann die Wirkung von Wärme, das sogenannte Eingehen der Stoffe auf das geringste störende Maass zurückgeführt werden. Die Hauptschwierigkeit für die Technik besteht in einer gleichmässigen Kräuselung des Stoffes.

Ein Vergleich der Kreppgewebe mit anderen zur Unterkleidung benützten Geweben zeigt Folgendes:

Wolltrikot	hat ein	spec.	Gew.	von	0,179
Wollkrepp	»	»	»	»	0,132
Baumwolltrikot	»	»	»	»	0,199
Baumwollkrepp	»	»	»	»	0,130
Seidentrikot	»	»	»	»	0,219
Seidenkrepp	»	»	»	»	0,104
Leinentrikot	»	»	»	»	0,348.

Nach dieser Zusammenstellung gehören also die Kreppstoffe zu den Geweben, welche reichlich Luft einschliessen und sind den von mir untersuchten Trikotgeweben, namentlich was das Seidenmaterial anlangt, an Luftreichthum und lockerem Gefüge überlegen.

Die Menge der in den Geweben eingeschlossenen Luft zeigt in kurzer Uebersicht die nachstehende Zusammenstellung:

Tabelle XLV.

Krepp-Stoff	Luft %	Feste Theile %
Wolle	89,2	10,8
Seide	91,3	8,7
Baumwolle	88,0	12,0

Man findet als typisches Leitungsvermögen:

Tabelle XLVI.

Füllung	Grundstoff	Glattgew. Stoff	Trikotstoff	Flanell	Krepp
Wolle . . .	0,0000 726	0,0000 582	0,0000 646	0,0000 667	0,0000 730
Seide . . .	0,0000 726	0,0000 597	0,0000 740	—	0,0000 826
Baumwolle .	0,0000 892	0,0000 641	0,0000 810	0,0000 757	0,0000 946

Daraus geht mit aller Bestimmtheit hervor, dass die Verarbeitung zu Krepp den Wärmedurchgang mehr begünstigt als die glatte, die Trikot- und die Flanell-Webeweise.

Ueber das Leitungsvermögen bei natürlichem spec. Gewicht (reelles Leitungsvermögen) und über den absoluten Wärmedurchgang geben Tabellen 47 und 48 auf S. 103 Aufschluss.

Als Mittel des reellen Leitungsvermögens für den
Wollkrepp findet sich . . . 0,0000816
für Seide » » . . . 0,0000792
für Baumwolle » . . . 0,0000990.

Für den absoluten Wärmedurchgang erhält man sehr verschiedene Werthe, weil die Gewebe erhebliche Differenzen der Dicke aufweisen.

Im reellen Leitungsvermögen erinnern die Kreppe an die Trikots, im absoluten Wärmedurchgang gehören sie zu den wärmehaltenden Geweben.

Tabelle XLVII.
Leitungsconstanten bei natürlichem specifischen Gewicht.

Nr.	Stoffe	Im Versuch beobachtet bei welchem spec. Gewicht?	Natürliches spec. Gewicht	Leitungsconst. bei 6 g Füllung des Calorimeters III	Die Leitung ist zu berechnen f. eine Füllung von x Gramm	Leitungsverm. bei nat. spec. Gew. Luft=100	Absolutes Leitungsverm. bei natürlich. spec. Gewicht. Luft=0,0000532
1	Seide, stark . . .	0,117	0,114	0,0000 921	5,81	158,3	0,0000 842
2	» mittel . .	»	0,089	0,0000 895	4,54	142,1	0,0000 756
3	» leicht . .	»	0,110	0,0000 862	5,61	146,7	0,0000 780
4	Wolle, stark . .	»	0,133	0,0000 905	6,78	164,8	0,0000 877
5	» leicht . .	»	0,141	0,0000 909	7,19	169,4	0,0000 901
6	» leicht . .	»	0,115	0,0000 868	5,86	149,8	0,0000 797
7	» stark . .	»	0,141	0,0000 765	7,19	139,6	0,0000 742
8	» leicht . .	»	0,124	0,0000 813	6,32	143,5	0,0000 763
9	Baumwolle . . .	»	0,157	0,0000 994	8,00	196,8	0,0001 047
10	» . . .	»	0,137	0,0001 078	6,99	202,0	0,0001 074
11	» . . .	»	0,104	0,0000 958	5,30	158,7	0,0000 844
12	» . . .	»	0,142	0,0001 010	7,24	191,2	0,0001 017
13	» . . .	»	0,143	0,0001 068	7,29	203,8	0,0001 084
14	» . . .	»	0,116	0,0001 034	5,92	178,7	0,0000 951
15	» . . .	»	0,110	0,0001 103	5,61	171,9	0,0000 915

Tabelle XLVIII.
Wärmedurchgang durch einen Stoff bei nachstehend verzeichneter Dicke.

Nr.	Stoffe	Absolut. Leitungsvermögen für das natürliche spec. Gewicht berechnet. Luft 0,0000 532	Dicke der Stoffe im Handel in mm	Wärmedurchgängigkeit p. 1 qcm, 1 Sec., 1° Temperat.-differenz und die übliche Dicke
1	Seide, stark	0,0000 842	1,16	0,000 726
2	» mittel	0,0000 756	1,00	0,000 756
3	» leicht	0,0000 780	0,78	0,001 000
4	Wolle, stark	0,0000 877	2,37	0,000 370
5	» leicht	0,0000 901	1,88	0,000 479
6	» leicht	0,0000 797	1,80	0,000 443
7	» stark	0,0000 742	2,25	0,000 329
8	» leicht	0,0000 763	1,87	0,000 408
9	Baumwolle	0,0001 047	1,31	0,000 798
10	»	0,0001 074	0,97	0,001 107
11	»	0,0000 844	0,94	0,000 898
12	»	0,0001 017	1,31	0,000 776
13	»	0,0001 084	1,66	0,000 653
14	»	0,0000 951	1,92	0,000 495
15	»	0,0000 915	1,75	0,000 522

Hinsichtlich der Benetzung verhalten sie sich etwas verschieden, je nach der Grundsubstanz. Wolle nimmt am wenigsten, Seide mehr, Baumwolle am meisten Wasser auf.

Tabelle XLIX.

Krepp-Stoff	1000 g nehmen Wasser auf: Mittelwerthe		Im benetzten Stoff sind Raumtheile Wasser per 100
Wolle	1037		14,7
Seide	1428		16,3
Baumwolle	1240 1302	1268	19,9

Aber auch im benetzten Zustande ist ihr Luftreichthum noch gross. Die Kreppage vermag aber nicht die unangenehmen Nebenwirkungen benetzter Stoffe ganz zu beseitigen. Ein Baumwollkrepp legt sich benetzt stärker an als ein Seidenkrepp und dieser mehr als ein Wollkrepp.

Da ich bereits andern Ortes diese Stoffe eingehend beschrieben habe, möchte ich nur kurz noch deren allgemeine Charakteristik anführen.

Nach meinen Untersuchungen sind die Kreppstoffe die leichtesten Stoffe, welche zu Bekleidungszwecken dienen, wenn man von aussergewöhnlich luftigen Flanellsorten absieht. Die einzelnen Gewebe verschiedener Grundsubstanz unterscheiden sich in dieser Hinsicht nicht erheblich. Dem hohen Luftgehalt entspricht auch die hohe Comprimirbarkeit, die ihrerseits im Zusammenhang mit der nicht unerheblichen Dicke der Stoffe, denselben die Eigenschaft hoher Weichheit verleiht.

Die Fadenordnung im Krepp erleichtert den Wärmedurchgang, weil viele directe Verbindungen zwischen den wärmeabgebenden Flächen geschaffen sind; praktisch wird dieser Nachtheil wieder ausgeglichen durch den höheren Luftgehalt der Kreppstoffe gegenüber den Trikotgeweben verschiedener Grundsubstanz. In ihrem Wärmedurchgangsvermögen reihen sich die

Kreppe zwischen Wollflanell und Wolltrikot, einige überschreiten die Wärmehaltung der Baumwolltrikots nur unerheblich.

Die minimalste Wassercapacität ist bei den Baumwoll- und Seidengeweben etwas grösser als bei den verwandten Trikotstoffen. Die Einlagerung von Wasser bedingt wegen der Faltenbildung der Stoffe ein sofortiges Anwachsen des Wärmeverlustes auf mehr als bei den Flanellen und Trikotgeweben der Verlust wächst. Der Wechsel, welcher im Wärmeleitungsvermögen zwischen trockenen und feuchten Geweben besteht, stellt Woll- und Seidenkrepp sehr nahe dem Jäger'schen Wollfabrikat, während die Baumwolle wegen ihres ungemein grossen Vermögens Wasser aufzusaugen, etwas nachsteht.

Die Luftdurchgängigkeit der Kreppgewebe, auf die ich a. O. noch zu sprechen komme, ist eine ausserordentlich grosse und steht im Verhältnis zu dem hohen Luftgehalt im allgemeinen.

Die Kreppstoffe eignen sich demnach zur Unterkleidung und können mit den jeweiligen Trikots aus dieser oder jener Grundsubstanz in Parallele gestellt werden. Nur ein Umstand muss betont werden, nämlich der, dass die Kräuselung nach mehrfachem Waschen sehr nachlässt, wodurch die Stoffe ihre günstigen Eigenschaften fast völlig einbüssen.

Unterkleidung aus Geweben mit mehreren Grundstoffen.

Kleidungsstoffe, welche aus zweien oder mehreren Grundstoffen gewebt sind, gibt es viele; Halbfabrikate sind gerade bei der Unterkleidung sehr im Handel verbreitet, und es bilden namentlich die Woll-Baumwollfabrikate eine wichtige Concurrenz für Reinwolle.

Durch M i s c h u n g e n v o n G r u n d s t o f f e n erhält man bei sorgfältiger Mengung der Componenten ein Product, was z. B. im Wärmeleitungsvermögen gerade dem Mittelwerth beider Componenten entspricht. Aber die Mischungen können als f e r t i g e G e w e b e in ihrem physikalischen Aufbau und den sonstigen Eigenthümlichkeiten mehr die Vorzüge des einen oder die Nachtheile des anderen Componenten gewinnen.

Das Mischen von Grundstoffen ist keine Maassregel, die man nur vom Standpunkte der Herstellung einer möglichst billigen Waare auffassen muss, sondern die Beimengung von Leinen, Baumwolle, Seide zu Wolle u. s. w. kann den beabsichtigten Zweck erfüllen, das Leitungsvermögen eines zu wärmehaltenden Gewebes zu erniedrigen, um es der Sommerkleidung anzupassen oder aber, es kann ein solcher Zusatz nothwendig werden, um Dehnen oder Schrumpfen zu verhüten oder um einen sonst zu weichen und zerreissbaren Stoff die nöthige Festigkeit zu geben. Gewebe aus Stoffmischungen verhalten sich in mancher Hinsicht wie die Legirungen bei den Metallen. Man gibt manchem Edelmetall einen Zusatz, um dasselbe im Gebrauche widerstandsfähiger zu machen.

Man muss also in Zukunft bei den Geweben aus Stoffmischungen wohl auseinanderhalten, den mehr aus finanziellen Gründen unter Umständen zur Fälschung dienenden Zusatz billiger Grundstoffe zur werthvollen von der zielbewussten Anwendung von Mischungen.

Stoffmischungen sind im Gebrauch bei den verschiedensten Trikotgeweben, so wird am häufigsten Baumwolle mit Wolle versponnen, wodurch Gewebe entstehen, die zwischen Wolle und Baumwolle in ihren Eigenschaften die Mitte halten. Im Gebrauch wird meist die Wolle ausgescheuert, wenn sie nicht sehr sorgfältig mit der Baumwolle vermischt ist.

Auch mit Leinen zusammen wird Wolle versponnen, wodurch Gewebe von grosser Widerstandskraft entstehen, welche in neuerer Zeit auch dem Ausscheuern der Wolle weniger unterliegen wie früher.

Diese Halbfabrikate haben wesentlich den Vortheil der Wolle, dass sie sich bei Benetzung nicht fest an die Haut legen und weniger wärmehaltend sind, was für den Sommer von Werth ist.

Eine Reihe Mischgewebe habe ich bei den Kreppstoffen beschrieben und darauf hingewiesen, dass Vortheile durch solche Mischungen gewonnen werden können.

Andere Anwendungsweisen von Stoffmischungen bestehen darin, dass durch eigene Webweise, die eine Seite des Gewebes

z. B. vorwiegend aus Wolle, die andere aus Seide oder Baumwolle besteht. Solche Gewebe sind interessant, weil man sich durch einfaches Wenden derselben eine gut vergleichbare Vorstellung von der Wirkung ungleicher Gewebe auf die Haut verschaffen kann.

Eine Firma hat vor Jahren aus zwei Lagen zusammengesetzte Gewebe hergestellt, welche sehr angenehm zu tragen waren. Baumwolle und Wolle wurde combinirt; im Winter wurde die Anordnung gewählt, dass Wolle der Haut anlag, die Sommerhemden dagegen lagen mit einer Baumwollenschicht am Körper und die Wolle nach aussen. Die Trikots waren von mustergiltiger Weichheit. Leider sind dieselben ziemlich zerreisslich und halten in der Wäsche ihre Form nicht bei, sondern kürzen sich wesentlich.

Ein Mischgewebe von anderer Ordnung der Fäden als bei den Trikots üblich ist, stellt das Vodel'sche Gewebe (Kurzhals-Wellhausen) dar, welches ich vor kurzem beschrieben habe.[1])

Ein Umstand, der meine Aufmerksamkeit dem neuen Gewebe zulenkte, war die Erfahrung, dass der Stoff beim längeren Gebrauch seine Eigenschaften nicht wesentlich ändert. Das Gewebe wird aus Wolle, Leinen, Baumwolle hergestellt. Ich habe eine Reihe solcher Stoffe dieser Herstellungsart geprüft, wobei ich folgende physikalische Verhältnisse fand:

Tabelle L.

Stoffe	Dicke in mm	Flächengewicht in g p. 1 qcm	Spec. Gewicht	Luft in %	Feste Substanz in %
Engmasch. Wolle, Leinen, Baumwolle	1,05	0,0170	0,162	87,5	12,5
Weitmaschige Stoffe . .	0,95	0,0156	0,164	87,4	12,6
Desgleichen	0,80	0,0160	0,200	84,7	15,3
Sehr weitmaschig . . .	0,72	0,014	0,199	84,7	15,3

Die Stoffe halten sich im Ganzen innerhalb sehr bescheidener Dicken von 0,72 bis 1,05 mm schwankend; für den Sommer in erster Linie bestimmt, sind sie wesentlich dünner, als man

1) Hyg. Rundschau 1897.

haltbaren Wolltrikot herstellen kann, und dünner z. Th. als die durchschnittliche Dicke der Baumwolltrikots.

Das spec. Gewicht ist in minimo 0,164 und erreicht 0,200, was einem Luftgehalt von 84,7—88,9 % gleichkommt. Die Luftdurchgängigkeit ist aber bei diesem neuen Gewebe weit grösser als für Trikot aus Wolle und Baumwolle selbst bei gleichem spec. Gewicht der Gewebe.

Der Permeabilitätscoëfficient war:

	Spec. Gew.	Coëfficient
Baumwolltrikot	0,188	1,1
Vodels Gewebe	0,162	0,3
Wolltrikot	0,160	5,7

Diese grössere Lüftbarkeit des Gewebes entsteht durch die Webweise, d. h. den weiteren Abstand der Fäden.

Die Festigkeit eines Gewebes ist eine Eigenschaft, ohne welche sich kein Product dauernd auf dem Markt halten kann; sie lässt sich bei lockeren Fäden aus Wolle und den weicheren Sorten aus Baumwolle nur durch eine gewisse Dicke des Stoffs erreichen, welche der praktischen Verwendung eines Gewebes zur sommerlichen Bekleidung aber hinderlich ist. Sehr dünne Gewebe aus Leinen, Baumwolle, Seide bestehen zumeist aus starken Fäden und sind sehr dicht; was nur Nachtheile besitzt.

Ein guter Ausweg lässt sich gewinnen, wenn man wie bei diesem Gewebe bei Herstellung eines Gewebes aus lockerem Fadenmaterial die Zwischenräume zwischen den Fäden grösser macht, wodurch dann die Luftdurchgängigkeit mindert, was an Wärmehaltung durch die Dicke zuviel gewonnen worden ist.

Die Wasseraufnahme bei minimalster Wassercapacität beträgt bei dem Wolltrikot 1278—1547, bei Baumwolltrikot 1143—1203, bei Vodel's Gewebe 1238 für 1000 Theile trockenen Stoff, kommt also der minimalsten Wassercapacität von Wolltrikot und den Kreppstoffen ganz nahe. Ein benetzter Stoff dieser Art verschliesst also seine Poren durch die Wasserbenetzung nicht, sondern lässt die Luftcirculation ziemlich unbehindert, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Tabelle LI.

Stoffe	Luft in %	Wasser in %	Feste Stoffe in %
Engmaschige Stoffe .	67,5	20,0	12,5
Weitmaschige Stoffe .	67,1	20,3	12,6

In der That trocknet auch dieses Gewebe, wenn es im Sommer schweissbenetzt ist, ungemein rasch wieder, ohne unangenehme Kälteempfindung an der Haut aufkommen zu lassen.

Hinsichtlich des Leitungsvermögens für Wärme habe ich mehrere dieser Gewebe geprüft. Als typische Beispiele mögen folgende zwei Untersuchungen erwähnt sein.

Tabelle LII.

Cal. IV.

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft = 0,0000 575	Relative Zahl für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung u. Luft = 0,0000 532
Engmaschiger Stoff . . .	4,35	0,000 812	0,0000 734	129,3	140,4	0,0000 746
Weitmaschiger Stoff . . .	5,21	0,000 878	0,0000 810	141,0	147,2	0,0000 782

Tabelle LIII.

Reelles Leitungsvermögen.

Stoff	Absol. Leitungsmenge, Luft = 0,0000 532 f. 6 g Füllung	k für das natürl. spec. Gewicht
Baumwolltrikot .	0,0000 810	0,0001 004
Wolltrikot . . .	0,0000 754	0,0000 676
Neuer Stoff . . .	0,0000 764	0,0000 663

Tabelle LIV.

Reelles Leitungsvermögen.

Füllung	Im Versuch beob. spec. Gewicht für 6 g Füllung	Natürl. spec. Gewicht	Die Leitung ist zu berechn. auf x g	k bei nat. spec. Gew Luft=100	k für das nat. spec. Gewicht
Engmaschiger Stoff .	0,266	0,162	3,66	124,5	0,0000 662
Weitmaschiger Stoff .	0,266	0,164	3,61	124,7	0,0000 663

Die Tabelle zeigt, dass zwischen zwei in ihrem Aussehen etwas differenten Stoffen, deren einer etwas weitmaschiger war als der andere, kein nennenswerther Unterschied in dem Leitungsvermögen besteht. Zur näheren Beurtheilung wird man aber besser das Leitungsvermögen von Wolltrikot und Baumwolltrikot mit dem neuen Gewebe vergleichen.

Es zeigt sich dabei, dass die Faserordnung bei dem Stoff offenbar als eine günstige erscheint, da dieser, obschon mit Leinen untermischt, die Wärme ebensogut zurückhält wie Trikot aus reiner Wolle und weit weniger die Wärme leitet, also weit besser warm hält, als Trikot aus reiner Baumwolle.

Vergleicht man Wolltrikot, Baumwolltrikot und das neue Gewebe für gleiche Dicke des Stoffs aber für das natürliche spec. Gewicht, so folgert aus meinen Zahlen wieder, dass Trikot aus Baumwolle erheblich hinter dem gleichdicken Trikot aus Wolle und dem neuen Gewebe zurücksteht und dieser dem Wolltrikot völlig in dieser Hinsicht gleichwerth ist. Beide Gewebe sind also bei gleichem Vermögen warm zu halten, wesentlich leichter als der Baumwolltrikot.

Ueber den absoluten Wärmedurchgang geben folgende Tabellen Aufschluss.

Tabelle LV.

Füllung	Dicke	k für das natürl. spec. Gewicht	Wärmedurchgang p. 1 qcm, 1 Sec., 1° Diff. u. d. nat. Dick.
Engmaschiger Stoff	1,05	0,0000 662	0,000 630
Weitmaschiger Stoff	0,95	0,0000 663	0,000 698

Tabelle LVI.

Absoluter Wärmedurchgang.

Stoffe	Dicke im Handel in mm	Wärmedurchgang p. 1 qcm, 1 Sec., 1° T.-Diff. u. s. nat. Dick.
Baumwolltrikot	1,01	0,000 994
Bauernleinen	0,44	0,002 717
Feines Leinen	0,23	0,005 795
Wolltrikot	1,25	0,000 567
Neues Gewebe	1,00	0,000 664

Für den im Mittel 1 mm dicken Stoff zeigt sich, dass derselbe etwas mehr Wärme durchlässt als käuflicher Wolltrikot, der immer etwas dicker zu sein pflegt, aber erheblich weniger als der gleichdicke Baumwolltrikot; zum Vergleich habe ich nach anderen Experimenten noch feines und Bauernleinen herangezogen, welche beide ausserordentlich viel mehr Wärme durchlassen wegen ihrer Dichte und Dünne, als das andere oben benannte Gewebe.

Auf Eines muss aber noch besonders hingewiesen sein, dass durch die grosse Lüftbarkeit der Stoffe, was ja namentlich in den Sommermonaten, wo das Hemd bei dünner Bekleidung der Luftbewegung besser zugänglich ist als im Winter, und beim Tragen im Freien, die wärmehaltende Wirkung der Stoffe in erwünschter Weise abnimmt.

Ich komme demnach zu dem Schlusse, dass man für die Unterkleidung und nicht nur die sommerlichen Verhältnisse geeignete Gewebe aus Mischungen herstellen kann, und dass kein Grund vorliegt, sie von dem Gebrauche auszuschliessen, bloss deshalb, weil sie nicht aus einem einzigen Stoff hergestellt sind.

Für die traditionelle Wahl der Unterkleidung gibt es gewiss mehrere Lösungen; ich habe aber schon betont, dass wir darauf ausgehen müssen, die Lüftungsfähigkeit der Unterkleidung zu heben und diese darf sogar noch über den Lüftungsgrad der Trikotgewebe hinaus gesteigert werden, ohne aber so weit zu gehen, dass Luft absolut ohne Widerstand in die Kleidung dringt. Auf feinste Vertheilung der eindringenden Luft muss immer ein gewisser Werth gelegt werden.

Auch das Gewicht der Kleidung ist von Belang und somit das der Unterkleidung nicht gleichgiltig. Wie ungleich die einzelnen wichtigen Unterkleidungsstoffe in ihrem Gewichte sind, wenn man sich gleich warm mit ihnen kleiden will, geht aus der Tabelle 57 S. 112 hervor.

Aus dem reellen Leitungsvermögen ist die thermisch äquivalente Dicke abgeleitet, daraus das Gewicht und der letzte Stab enthält die relativen Werthe.

Tabelle LVII.

Stoff	Reelles Leitungs-vermögen	Thermisch äquivalente Dicken	Gewicht 1 mm Dicke Schicht in mg	Gewicht d. thermisch äquivalent. Schichte	Relative Werthe des vorigen Stabes
Wolltrikot . . .	0,0000 684	1	16,6	16,1	1
Lahmann . . .	0,0001 075	1,57	18,8	29,5	1,83
Leinentrikot . .	0,0001 186	1,73	30,2	52,2	3,24
Bauernleinen . .	0,0001 199	1,75	64,1	112,1	6,96
Lahmann, schwer	0.0000 957	1,40	12,2	17,1	1,06
Zell- und Netzstoff	0,0000 904	1,32	26,6	35,1	1,60
Kurzhals-Wellhaus.	0,0000 663	0,97	15,6	15,1	0,94

Ein Hemd aus Baumwolltrikot ist 1,8 mal so schwer wie eines aus Wolltrikot, ein Leinentrikot dreimal so schwer, Bauernleinen wäre 7 mal so schwer. Am leichtesten sind der Wolttrikot, der rechts und links gestrickte Baumwolltrikot und der Vodelstoff (Kurzhals-Wellhausen).

III. Nachtheile der Oberkleidung.

Die Oberkleidung kann in verschiedenster Weise fehlerhaft zusammengesetzt und geordnet sein. Ich habe schon mehrfach betont, dass die gewöhnlichen Wollstoffe des Handels nicht alle sich zu einer rationellen Oberkleidung eignen. Manche derselben werden in zu grosser Dichte hergestellt; dies ist namentlich bei den billigen Stoffarten der Fall, welche ein völlig verfilztes Gewebe aufweisen. Gleichfalls sehr häufig kommen allerlei gemischte Waaren in den Handel; Ununterrichtete werden oft genug einer Täuschung unterliegen.

Ein weiterer Nachtheil der Oberkleidung besteht unter Anderem in dem Schnitt der Weste, von welchem wir schon oben bei der Frage des Leinenhemdes gesprochen haben; wir haben gesagt, dass dieser Schnitt mit die Ursache zu sein scheint für das Tragen gestärkter Hemden. In den Sommermonaten taucht ein Kleidungsstück auf, welches geeignet ist, die Nachtheile des gestärkten Hemdes noch zu vermehren: Die Leinenweste, die meist brettsteif und völlig inpermeabel ist.

Endlich wäre noch zu erwähnen eine wichtige Zuthat, welche unsere Kleidung durch den Futterstoff erhält.

Zu diesem Zwecke werden für die Weste, Röcke und Ueberzieher Stoffe glatter Webeweise mit wenigen Ausnahmen aus Baumwolle bestehend, verwendet. Meist sind dieselben gefärbt; nur dort wo sie mit dem Hemde in Berührung kommen, wird ungefärbtes Material benützt.

Aus einer grösseren Anzahl solcher Futterstoffe wählte ich vier aus, welche einigermaassen in ihrem Aeusseren different waren. Die Grundsubstanz ist meist amerikanische, in einigen Fällen auch ägyptische Baumwolle.

Köper A hatte egyptische Baumwolle, als Kette amerikanische Baumwolle.

Köper B bestand ausschliesslich aus amerikanischer Baumwolle, desgleichen der Perkal, Marceline nur aus egyptischer Baumwolle.

Köper A ist verhältnismässig dick und noch luftreich bei 0,466 spec. Gewicht; Köper I ist sehr dünn und dichter (0,551 spec. Gewicht); der Perkal etwas stärker wie Köper I aber noch dichter (0,609); der feinste Stoff Marceline ist der dichteste und luftärmste.

Tabelle LVIII.

Substanz	Dicke in mm	Flächengewicht in g pro 1 qcm	Spec. Gewicht	Luft in %	Feste Stoffe in %	Wasseraufn. pro 1000 g	Volumen		
							Luft	Wasser	Feste Stoffe
Köper A	0,30	0,014	0,466	64,3	35,7	837	25,2	39,0	55,7
Köper I	0,127	0,007	0,551	57,6	42,4	909	7,5	50,1	42,4
Perkal	0,164	0,010	0,609	53,3	46,7	1000	0	60,9[1])	46,7
Marceline	0,090	0,006	0,666	48,7	51,3	831	0	60,4[1])	51,3

In seltenen Fällen verwendet man schon heutzutage die Seide oder Wolle zu Futtergeweben; soweit glatte Seide benützt wird, gewinnt man nicht sehr viel für die Lüftbarkeit und nach anderen Richtungen hin. Die Wolle findet nur für Winterpaletot

1) Nimmt an Volumen zu.

u. dgl. Benützung. Es liegt hier ein entschiedener Mangel und eine Lücke vor, welche die Technik ausfüllen sollte.

Sowohl Köper I wie Perkal und Marceline stimmen im spec. Gewicht ganz mit denjenigen Stoffen, die man zu Hemden aus Baumwolle benützt, überein. Der grösste Luftreichthum beträg 64%, der geringste nur 49%. Marceline, Perkal und die Köper sind nahezu die schlechtest ventilirbaren Stoffe, welche mir unter die Hände gekommen sind. Nur ein sehr festes Seidengewebe war noch etwas weniger luftdurchgängig.

Bei ihrer Dünne genügt eine Spur Wasser, um ihre Poren auszufüllen. Die minimalste Wassercapacität zeigt wenig Verschiedenheit, aber in dem Luftgehalt der benetzten Stoffe zeigen sich doch Unterschiede. Der dickere Köper hat auch im Zustande minimalster Wassercapacität noch zum Theil für Luft durchgängige Poren. Bei dem dünnen Köper ist die Luft bis auf 7,5 % verdrängt, und Perkal und Marceline sind absolut luftleer geworden.

Nach alledem sieht man, dass es diesem Gewebe ungefähr an allen Eigenschaften mangelt, welche für einen guten Bekleidungsstoff empfehlenswerth wären.

Wie schon das Aussehen der Stoffe und die Zahlen der vorstehenden Tabelle beweisen, haben wir es bei diesen Futterstoffen mit einem der üblichen glatten Gewebe zu thun, mit allen deren Nachtheilen.

Das typische Leitungsvermögen dieser Gewebe stimmt, wie aus der Tabelle 59 auf S. 115 zu ersehen ist, fast völlig mit dem eines Batist überein.

Fast vollkommen stimmen überein Perkal, Batist und Köper I, ein etwas geringeres Wärmeleitungsvermögen zeigt Köper A und Marceline. Es ist möglich, dass dies mit der Verwendung von egyptischer Baumwolle in den beiden letzten Fällen zusammenhängt. Ich glaube aber nicht an ein specifisches anderes Leitungsvermögen der egyptischen Baumwolle denken zu müssen, vielmehr möchte ich eher die Ursache in dem Gespinst des Fadens suchen.

Tabelle LIX.

Cal. IV.

Füllung	g	β log e	k	Relative Zahl zu Luft = 0,0000 575	Relative Zahl für 6 g Füllung	k für 6 g Füllung u. Luft = 0,0000 532
Köper A . . .	9,9	0,000 948	0,0000 906	170,2	142,5	0,0000 758
Köper I	6,7	0,000 910	0,0000 848	159,5	153,3	0,0000 815
Perkal	6,42	0,000 886	0,0000 824	154,8	151,8	0,0000 807
Marceline . . .	5,47	0,000 778	0,0000 718	134,9	138,0	0,0000 734
Glatte Baumwolle	—	—	—	—	152,1	0,0000 810

Auch gegen die Futterstoffe hat Jäger sich ausgesprochen, aber nur deshalb weil sie meist aus Leinen oder Baumwolle hergestellt werden. Leinen und Baumwolle lassen den »Angststoff« nicht ausdünsten und schaden deshalb. Bei leinenen und baumwollenen Futterstoffen wird ein Gefühl der Bangigkeit hervorgerufen. Das Gefühl schwand zwar bald, allein die Seelenstimmung war entschieden verschlechtert; wie sich in dem Wiederauftreten von länger dauernden Verstimmungen, Zornausbrüchen, Zaghaftigkeitsanfällen und auch im Auftreten von Schnupfenanfällen, Zahnweh — bei solchen, die einen schlechten Zahn hatten — u. dergl. äusserte. Mit der Anlegung des vollständigen wollenen Rockes verschwand das Alles wieder.[1])

Die glattgewebten Futterstoffe aus Seide, Baumwolle und Leinen sind schädlich, weil sie eine nachweisbare und berechenbare Störung in der Luftcirculation hervorrufen. Eine dringende Nothwendigkeit, Futterstoffe anzuwenden, besteht gar nicht; die Hose wird allgemein ohne Futter getragen.

Es lässt sich übrigens leicht durch Zahlen darthun, welche Störungen und Nachtheile für einen rationellen Aufbau der Kleidung die Benützung inpermeabler Futterstoffe bedeutet.

Die Verbindung der Oberkleiderstoffe mit den dichten Baumwollfutterstoffen erhöht naturgemäss das mittlere spec. Gewicht

1) a. a. O., S. 71.

einer solchen Combination. Um eine quantitative Vorstellung zu erlangen, habe ich das mittlere spec. Gewicht für die wichtigsten Oberkleidungsgewebe und für je drei Fälle durch Rechnung ermittelt.

Tabelle LX.

Wollstoff	Wollstoff		Köper		Perkal		Marceline		Mittleres spec. Gewicht der Combination mit			Spec. Gewicht ohne Futter
	Dicke	Flächengewicht	Dicke	Flächengewicht	Dicke	Flächengewicht	Dicke	Flächengewicht				
			A		B		C		A	B	C	
Leichter Sommerstoff	1,12	0,0266	0,30	0,014	0,164	0,010	0,090	0,006	0,281	0,287	0,268	0,237
Winterstoff .	2,50	0,0595	»	»	»	»	»	»	0,260	0,262	0,253	0,238
Innsbrucker Loden . .	1,75	0,0489	»	»	»	»	»	»	0,307	0,306	0,298	0,279
Bauernloden	3,00	0,0770	»	»	»	»	»	»	0,276	0,275	0,268	0,256
Frühjahrs-Ueberzieher	2,20	0,054	»	»	»	»	»	»	0,272	0,271	0,262	0,243
Kameelhaar-loden . .	2,81	0,0245	»	»	»	»	»	»	0,149	0,138	0,127	0,106
Winterüber-zieher . .	5,60	0,0819	»	»	»	»	»	»	0,162	0,161	0,154	0,146

Tabelle LXI.

Stoff	Mit A		Mit B		Mit C	
	Dicke	Flächengewicht	Dicke	Flächengewicht	Dicke	Flächengewicht
Sommerstoff	1,142	0,040	1,28	0,0366	1,21	0,033
Winterstoff . . .	2,80	0,073	2,66	0,069	2,59	0,065
Innsbrucker Loden .	2,05	0,063	1,91	0,059	1,84	0,055
Bauernloden . . .	3,30	1,091	3,16	0,087	3,09	0,083
Frühjahrsüberzieher .	2,50	0,068	2,36	0,064	2,29	0,060
Kameelhaarloden . .	2,61	0,038	2,47	0,034	2,40	0,030
Winterüberzieher . .	5,90	0,096	5,76	0,092	5,69	0,088

In Stab 1 und 2 sind die Dicken und Flächengewichte der Wollstoffe eingeschrieben. A, B und C geben die Dicken und Flächengewichte für Köper, Perkal und Marceline, die gleichen Bezeichnungen in Stab 10—12 die mittleren spec. Gewichte des Gemenges. Daraus folgt, dass die Aenderungen sämmtlich in

der zweiten Decimale liegen. Es werden also, wie man zu erwarten hatte, alle gebräuchlichen Oberkleidungsstoffe nur ungünstig beeinflusst.

Durch die Anwendung dieser Futterstoffe wird der Wollgehalt der Oberkleidung stark vermindert; ich habe eine kurze Berechnung darüber angestellt, welchen Procentsatz an Baumwolle unsere Kleidung enthält, wenn je ein dicker und je ein dünner Futterstoff zur Anwendung gelangt. Je leichter der Wollstoff um so grösser das Uebergewicht. Bei den Sommerstoffen, die etwa 1 mm stark sind, wird ein Baumwollgehalt bis 34,4 % erreicht, selbst bei einem Winterkleid steigt der Baumwollgehalt noch auf 19 %. In den Lodengeweben erreicht der Gehalt 14—22 %. Aber auch in solchen Geweben, die zu Mäntel benützt werden, beträgt die Baumwollzumischung einen so beträchtlichen Procentsatz, dass der Einfluss auf das Leitungsvermögen nicht ohne Bedeutung sein kann.

Tabelle LXII.

Minima und Maxima des Baumwollgehaltes.

Stoff	Gewicht der		% Baumwolle der Combination
	Wolle	Baumwolle	
Leichter Sommerstoff A	0,0266	0,014	34,4
C	0,0266	0,006	18,4
Winterstoff A	0,0595	0,014	19,0
C	0,0595	0,006	9,1
Innsbrucker Loden A	0,0489	0,014	22,2
C	0,0489	0,006	10,9
Bauernloden A	0,077	0,014	14,5
C	0,077	0,006	7,5
Frühjahrsüberzieher A	0,054	0,014	20,6
C	0,054	0,006	10,0
Kameelhaarloden A	0,024	0,014	29,1
C	0,024	0,006	20,0
Winterüberzieher A	0,082	0,014	14,5
C	0,082	0,006	6,7

Für das Lüftungsvermögen der Combination darf man nicht etwa wegen der geringen Verschiebungen im spec. Gewicht annehmen, dass ersteres auch nur unbedeutend verändert sei. Das

spec. Gewicht ist ein Anhaltspunkt für die Luftdurchgängigkeit nur insoweit, als homogene Gewebe dabei in Frage kommen, nicht aber bei zwei verschiedenen Geweben, welche verschiedenen mikroskopischen Aufbau besitzen. Die dünne Stofflage des Futters hat einen ganz verderblichen Einfluss auf die Lüftbarkeit der Kleidung.

Die Futterstoffe widersprechen dem Grundsatz, dass unsere Kleidung homogen sein soll, sie müssen daher durch andere Gewebe ersetzt werden.

Bemerkungen betreffs der Wahl einer Kleidung.

Die hiemit zum Abschluss gekommenen Untersuchungen, welche die wesentlichsten zur Zeit üblichen Bekleidungsweisen umfassen, haben gezeigt, wie zahlreich die den einzelnen Systemen anhaftenden Mängel sind und wie sehr manche, seit langem eingebürgerte Gewohnheit in offenkundigem Widerspruch mit der Zweckmässigkeit steht. Indess kann man recht wohl mit den Geweben, wie sie der Handel bietet, eine Kleidung herstellen, welche zugleich den wechselnden Aussenbedingungen wie den Functionen unseres Körpers gerecht wird. Die Technik ihrerseits wird jetzt, wo sich die einzelnen Anforderungen an ein Kleidungsgewebe haben näher präcisiren lassen, sicherer ihre Aufgabe lösen.

Wir haben erkannt, wie zwar die verschiedenen Bekleidungssysteme der einen oder andern, mitunter sehr vielen Bedingungen gerecht werden, aber auch festgestellt, dass in unserem Klima ein auf der Benützung eines Grundstoffes oder eines bestimmten Kleidungsgewebes basirendes System undurchführbar ist, und Zweckmässigkeitsgründe dem Wunsche nach Systematisirung entschieden widersprechen.

Kennt man die Aufgaben, welchen die Kleidung gewachsen sein soll, so ist es nicht mehr unmöglich auch von vorneherein eine rationelle Wahl zu treffen und aus der wissenschaftlichen Erfahrung heraus die Einzelheiten einer zweckmässigen Bekleidung zu schildern. Fälle, in welchen die Bekleidung vorgeschrieben ist, gibt es sehr viele und für solche Vorkommnisse

pflegte man sich bis jetzt auf eine gewisse Tradition, auf die Mode, auch wohl allerlei nebensächliche Umstände zu stützen. Wenn man in Zukunft derartigen Dingen ernstes Interesse zuwenden will, wird man vielerlei Unzweckmässigkeiten und Schädlichkeiten aus der Welt schaffen können. Man sagt, dass in China der Hof einem grossen Theil der Bevölkerung vorschreibt, von wann ab dieses oder jenes wärmere oder leichtere Bekleidungsstück getragen werden soll; ebenso tyrannisch pflegt bei uns die einheimische Mode zu sein, welche auch mit Verleugnung von Zweck und Aufgabe der Kleidung die Menschen zwingt, widersinnigem Gebrauche sich zu fügen. Weit in das Frühjahr hinein trägt man die Winterkleidung, und weit in den Herbst hinein die Sommerkleidung, wenn lange schon die Temperaturverhältnisse die ersten zu warm, die letzten zu kühl erscheinen lassen, und zwar nur deshalb, weil der Durchschnitt der Menschen nicht vom gesunden Gefühl sich leiten lässt, sondern in Abhängigkeit von dem öffentlichen Urtheil sich scheut, den Bedürfnissen des eigenen Körpers gerecht zu werden.

Die Bekleidung des Menschen weicht, vom rationellen Standpunkt aus betrachtet, nach zwei Richtungen von dem »Zweckmässigen« ab, sie ist bei Vielen ungenügend, bei Anderen zu reichlich. Aber man darf, wie ich mit Bestimmtheit behaupten kann, sagen, dass in ganz überwiegendem Maasse gegenwärtig durch ein Zuviel der Kleidung gefehlt wird. Nur an den extremkalten Wintertagen wird die ungenügende Kleidung die Regel sein; sicher ist aber die Hochsommerkleidung ausnahmslos als überwarm zu bezeichnen. Ein weiterer allgemein zu beobachtender Fehler der Kleidung moderner Sitte ist die Ventilationslosigkeit derselben, welche namentlich die Nachtheile einer überwarmen Kleidung weiter zu steigern ganz besonders geeigenschaftet ist. Die überwarme aber gut ventilirte Kleidung erscheint zwar auch ein Uebel aber doch ein geringeres als dort, wo mit unzweckmässiger Wahl in thermischer Hinsicht auch noch ein Fehler in der Luftcirculation sich hinzugesellt. Die überwarme Kleidung drängt zu einer überflüssiggrossen Wasserverdunstung und lässt unsere Haut unnöthig lange in jenem

activen Zustand, in welchem sie auf alle Factoren der Wasserverdampfung besonders stark reagirt. Dieser Zustand kann in mancher Richtung durch die Geneigtheit zu störenden Abkühlungen bedenklich werden. Zu normalen Verhältnissen gehört nicht eine dauernde Treibhaustemperatur und eine fast beständige Gleichartigkeit der Function der Haut. Nur für den Fall, dass wir uns mit unserer Berufsarbeit beschäftigen, und diese den Körper nicht geradezu als Arbeitsmaschine beansprucht, wünschen wir im Interesse grösstmöglichster geistiger Sammlung möglichst gleichartige Aussenbedingungen, im Interesse unseres Hautorganes aber liegt eine zeitweise Uebung aller Functionen, zu welchen sie von Haus aus bestimmt und welchen sie gelegentlich gewachsen sein muss. Zu dieser Function gehört auch ihre Anpassung an starke Wärmeentziehungen. Wir sollen zeitweise in die Lage kommen, z. B. bei plötzlichem Sinken der Temperatur, den eigenartigen Hautreiz zu ertragen und dem Regulationsmechanismus, der die Zersetzung mehrt, freie Bahn zu lassen. Ich habe schon mehrfach erwähnt, wie ungern die meisten Menschen einer stärkeren Wärmeentziehung sich unterwerfen, und dass meist noch ehe irgendwelche Ansprüche an die chemische Wärmeregulation erhoben werden, über empfindliche Kälte geklagt und Veranlassung genommen wird, mittelst wärmerer Kleidung die Störung zu beseitigen. Es ist dies gewiss eine den Menschen eigenartige Accomodationserscheinung; eine geeignete Trainirung verschiebt innerhalb weniger Tage eine zu hohe Einstellung des Frostgefühls und es scheint mir zweckmässig, die übergrosse Aengstlichkeit im Ertragen von Kälte einzuschränken. Es gibt aber manche individuelle Eigenthümlichkeiten, welche zum Theil wenigstens mit der Ernährungsweise zusammenhängen. Eine rationelle Kleidung muss unter den verschiedenartigsten Lebensbedingungen den Ausbruch des Schweisses vermindern und je weiter die Grenzen zwischen Wärmehaltung und Schweissausbruch auseinander liegen, um so besser ist sie.

Es gibt Fälle, in welchen man auch in durchaus zweckentsprechender Kleidung in Schweiss gerathen muss, bei 27° und bei einer das Mittel erreichenden Feuchtigkeit werden auch

in der Ruhe und bei unbewegter Luft die meisten Menschen einen Ausbruch des Schweisses über sich ergehen lassen müssen. Häufig genug sieht man Menschen bei mittleren Temperaturen oder selbst niedrigen Temperaturen in Schweiss gerathen; dieser Zustand ist ein anormaler und die Kleidung sollte unter solchen Umständen dünner und wärmeleitender genommen werden. Auch an Wintertagen sollte etwas von der erfrischenden Kühle durch die Kleidung hindurch fühlbar werden, wenn man beim Gehen sich noch in derselben wohl fühlen will.

Die vorzeitige Ablagerung von Schweiss in der Kleidung ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf die mangelhafte Lüftbarkeit zurückzuführen; die Schweissablagerung bedeutet immer einen gewissen Mangel unserer Einrichtung, denn das nicht verdunstende Wasser bringt Nachtheile durch die Aenderungen der Kleidereigenschaften und die zeitliche Verschiebung des Wärmeverlustes durch Verdunstung, die irrationell ist, selbst schädlich sein kann. Viele berechtigte Klagen über die moderne Kleidung beziehen sich ausschliesslich auf die mangelhafte Oekonomie der Wasserverdunstung. Die ungenügend ventilirte Kleidung erzeugt eine Kleidungsatmosphäre von hoher Wasserdampfspannung, welche leicht zum Bangigkeitsgefühl führt, sie ist auch Ursache der allmählichen Zersetzung der abgelagerten Schweissbestandtheile und trägt durch Zurückhaltung dieser Producte wesentlich zu dem üblen Geruch der Kleidung bei.

Kleidung, welche zur Unterdrückung oder Hemmung der Wasserdampfabgabe neigt, macht sich noch lange bevor es zur wirklichen Ablagerung tropfbar flüssigen Schweisses kommt, durch ein Gefühl geltend, das ich eben als Bangigkeitsgefühl bezeichnet habe. Ein aufmerksamer Beobachter kann durch rein empirischen Vergleich recht gut das hier eigenartige Gefühl in seiner ersten Entwicklung erkennen. Die geringsten Aeusserungen des Bangigkeitsgefühles entgehen uns, weil eine höhere Wasserdampfspannung durch mässige Hemmung der Wasserverdunstung in thermischem Sinne als Erhöhung der Temperatur mitempfunden wird. Je mehr man in der Wahl einer Kleidung feinfühliger wird, um so besser wird man das Entstehen des Bangigkeits-

gefühles vermeiden und nicht nur eine grössere Behaglichkeit, sondern nach manchen Richtungen hin eine bessere Leistungsfähigkeit in der Kleidung erzielen. Behaglichkeits- und Bangigkeitsgefühl finden ihren Ausdruck im Kohlensäuregehalt der Kleiderluft. Die Lüftbarkeit der Kleidung hat man schon seit Langem betont, aber doch nie für die praktische Bekleidung die richtigen Consequenzen gezogen; ich habe mich im Einzelnen genügend über das Zuviel und Zuwenig ausgesprochen.

Am Besten wird man bezüglich guter Luftcirculation der Kleidung nicht nur verlangen, dass jegliches Bangigkeitsgefühl vermieden wird, sondern eine Lüftbarkeit anstreben, welche eben mit der wärmehaltenden Wirkung der Kleidung noch vereinbar ist.

Die Permeabilität der Kleidung kann die Wärmewirkung derselben herabsetzen, man kann aber selbstredend eine solche Kleidung wieder warm genug machen, wenn man sie dicker nimmt. Sonach wird man also annehmen können, dass in zwei Fällen gleich viel Wärme von einer Person abgegeben wird, z. B. einmal, wenn sie sich in ruhender Luft mit der Kleidungsdicke a aufhält und ein zweites Mal, wenn sie sich in bewegter Luft in der Kleidung a + b geschützt befindet. Bei Kleidung a kommt wenig Wärmeverlust auf die Luftcirculation, aber viel auf die directe Uebermittlung durch die Kleidungsstoffe, bei a + b weniger auf diese und mehr auf die Lüftung.

Eine Kleidung, deren wärmende Wirkung trotz lebhafter Ventilation bestehen bleibt, ist jeder anderen vorzuziehen, denn sie wird im täglichen Leben die Cardinaleigenschaft einer guten Kleidung — thunlichste Trockenheit — bewahren.

Die Behinderung der Ventilation erweist sich nicht bei allen Kleidungsstoffen in gleichem Maasse schädlich und nachtheilig. Am wenigsten bei den Wollgeweben, weil diese schon durch Sättigung mit hygroskopischem Wasser mehr an Wärmeleitungsvermögen zunehmen und der Ueberwärmung vorbeugen als die anderen Gewebe.

Auf eine zeitweise Benetzung der Kleidung durch Schweiss wird man sich immer einrichten müssen; am günstigsten verträgt

man die Durchnässung, wenn die erste deckende Schicht (Hemd) von lockerer Beschaffenheit ist, wenn diese Schicht eine gewisse Dicke besitzt und die Kleidung im allgemeinen nach dem von mir näher begründeten Satz der homogenen Schichten angeordnet ist. Beseitigt werden müssen vor allem die dichten, glattgewebten Stoffe sowohl von dem Contact mit der Haut, als auch dort, wo sie als sogenannte Futterstoffe Verwendung finden. Die Anwendung von appretirten Stoffen, von Steifleinen u. s. w. sind zweckwidrige Gewohnheiten. Die wärmende Wirkung der Kleidung sollte sich so wenig als möglich auf die wechselnde und zufällige Wirkung des Faltenwurfs stützen. Sie sollte auch von der Luftisolirung keinen zu ausgedehnten Gebrauch machen, weil grössere von Luft erfüllte Räume zu wenig beständig in ihrer Form und Ausdehnung sind und gerade im Hinblick auf die so wichtige Aufgabe des Wärmeschutzes in benetzter Kleidung oft so gut wie gar nichts leisten. Aus diesem Grunde kann daher die Anwendung allzuvieler aber an sich dünner Stofflagen nicht als zweckmässig erscheinen. Eine gute und rationelle Kleidung muss bei Zug und Druck, Trockenheit und Feuchtigkeit möglichst unverändert und stationär sein. Lufträume, wie sie in der Construction der Gewebe begründet sind, haben dagegen einen grossen, oftmals hervorgehobenen und gewürdigten Werth.

Wie man aber die Vertheilung der nöthigen Dicke der Kleidung auf die einzelnen Lagen vornimmt, ist nicht von grosser principieller Bedeutung, sofern nur die erste deckende Schicht nicht zu dünn wird. Unter zwei Stofflagen wird man in unserem Klima bei der Rumpfbekleidung nicht heruntergehen können. Die Unterkleidung soll zunächst auch dazu dienen, die Hauptmasse des Schweisses und des Hautschmutzes aufzunehmen. Jede Einrichtung des Schnittes, welche die Regulirung der Wärmehaltung erleichtert, ist vorzuziehen; nur geschlossene Kleidung zu tragen unzweckmässig. Die Theilung in Weste und Rock darf nicht als irrationell angesehen werden.

Die Regulirung der Kleidungsmenge nach den Jahreszeiten kann in zwei Weisen geschehen; einmal so, dass man für den Winter die Oberkleidung, die man auch im Zimmer trägt, etwas

dicker und wärmehaltender nimmt oder so, dass man die Oberkleidung unverändert lässt aber die Unterkleidung ändert.

Für den ersten Fall ist es ohne Belang wie die Unterkleidung beschaffen ist, richtig zu reguliren und abzugleichen haben dabei die Oberkleider. In der Mehrzahl der Fälle ändert man heutzutage auch die Unterkleidung. Es wird daher die Leistungsfähigkeit eines partiellen Bekleidungssystems auch in der Richtung zu prüfen sein, ob die betreffende Unterkleidung soviel Schutz bietet als wir im Winter von einem Gewebe beanspruchen.

Eine Vereinfachung der Kleidung in dem Sinne der Verminderung der Kleidungsstücke halte ich nicht für geboten. Für viele besondere Fälle hat man ja schon mit den bisherigen Formen gebrochen. So mag es auch für die Zukunft den speciellen Aufgaben überlassen bleiben, eine praktische Vereinfachung für bestimmte Zwecke zu finden.

Eine Kleidung ist rationell, wenn sie den grösstmöglichsten Nutzeffect mit dem kleinsten Aufwand an Material erreicht, also wenn sie leicht ist; in dieser Hinsicht bleibt manchmal wohl viel zu wünschen übrig, und es lässt sich oft ein günstiger Effect mit einer Winterkleidung erreichen, welche an Gewicht kaum einer Sommerkleidung gleich kommt.

Eine rationelle Kleidung bietet dem Körper nicht nur Behaglichkeit, sondern stellt ein Mittel dar zur Hebung der Gesundheit des Menschen überhaupt.

Zum Begriff einer vollkommenen Gesundheit gehört die harmonische Ausbildung unseres Muskelsystems, welche nur durch eine nicht zu häufig unterbrochene Uebung unserer Muskeln erzielt wird. In jedem normalen Menschen liegt der Trieb zur Uebung der Muskeln, die Lust zu Bewegungen als eine Reaction gegen einseitige Benützung oder Erschlaffung der Muskulatur im Bereiche der Berufsthätigkeit. Diese Lust zur Bewegung ist in verschiedenem Lebensalter ungleich und grosse Leistungsfähigkeit ein Rest der Energie des jugendlichen Zellenlebens. Die allgemeine Lust zu Bewegungen und die Grösse der maximalen Leistungen hängt, abgesehen von anderen Momenten, sehr wesentlich von äusseren Bedingungen ab, unter anderem ganz wesent-

lich von der Schwierigkeit und Leichtigkeit, mit welcher die Entwärmung erfolgt. Alles was die Wärme staut, mindert die Leistungsfähigkeit, die Windstille nach bewegter Luft, die Besonnung, namentlich aber die erhöhte Luftfeuchtigkeit. Schweiss, welcher von der Haut nicht mehr verdunsten kann, regt zu weiterer profuser Secretion an und rasch stellt sich Erschlaffung, Müdigkeit und Unfähigkeit zu weiterer Arbeit ein. Da die Kleidung in allererster Linie die Verdunstungsmöglichkeit und Verdunstungsgrösse bestimmt und regelt, hängt von ihren rationellen Eigenschaften, ihrer Permeabilität, die Lust zu körperlichen Bewegungen ab; jeder Mensch, dessen Bekleidungsweise bald zur Feuchtigkeitsablagerung in der Kleidung Anlass bietet, wird um derartige Belästigungen zu meiden, ein Feind von reger Muskelthätigkeit bleiben. So wird eine unzweckmässige Kleidung zu einer Art von Zwangsjacke, welche den Menschen das Maass und die Art seiner Bewegungen vorschreibt.

Die Kleidung kann nach einer zweiten Richtung zur Gesundung des Körpers beitragen durch den Einfluss, welchen sie auf die Beschaffenheit der Haut auszuüben in der Lage ist und gerade diese Wirkung wird als eine recht wichtige bezeichnet werden müssen. Eine möglichst günstig zu gestaltende Permeabilität der Stoffe sollte die Haut an gemässigte Luftbewegung gewöhnen. Die Haut ist in ausgedehntem Maasse befähigt an die atmosphärischen Reize sich anzubequemen und sie gewinnt dabei etwas andere Eigenschaften als die beständig bedeckte Haut. Gesicht, Hände und frei getragene Stellen ertragen einen sehr lebhaften Temperaturwechsel.

Die Nothwendigkeit der H a u t p f l e g e wird allgemein anerkannt. Die Durchführung derselben lässt aber in grösseren Kreisen der Bevölkerung ungemein viel zu wünschen übrig. Man sagt sich, dass dieselbe nicht allein der Entfernung des Schmutzes von der Haut zu dienen hat, auch zur A b h ä r t u n g soll namentlich der Gebrauch des kühlen Wassers dienen. Die Wirkung des morgendlichen Waschens ist eine sehr vorübergehende, der einmalige Reiz kaum von nachhaltigem Erfolg begleitet. Das Vollbad ruft eine stärkere Umwandlung hervor,

wie sie namentlich durch den Gebrauch von Mineralbädern sich weiter steigern lässt.

Zur Hautpflege muss man auch die Wirkung der rationellen und gut ventilirten Kleidung rechnen. Der Gebrauch des Wassers kann dahin führen, dass man eine gut gelüftete Kleidung gut verträgt. Aber ebenso häufig ist es, dass die kurz dauernden Waschungen einen sogenannten Abhärtungserfolg nicht erzielen.

Es dürfte dies wohl mit dem Umstande zusammenhängen, dass Luftreiz und die Art des Reizes einer Waschung sich in den Einzelheiten eben nicht decken. Das eine ist eine chronisch verlaufende Abkühlung, die erstere eine plötzliche starke aber kurzdauernde Entziehung von Wärme. Die durch die Hohlräume der Kleidung gemässigte Lüftung kann auch eine besondere Wirkung entfalten. Die Durchlüftung der Kleidung wirkt beständig, das Bad vorübergehend; die Kleidung muss also in ihrem Lüftungsvermögen uns angepasst sein. Bei richtiger Wahl der Kleidung wird die Hautpflege nur gewinnen; wie die Kleidung so die Haut.

Die einzelnen Körpertheile sind für die Abkühlung ungleich empfindlich; die Hände, das Gesicht, die Extremitäten, noch mehr der Rumpf und Hals. Als besonders empfindlich gilt Brust und Bauch. Wir wissen nicht aus welchen Gründen diese ungleichen Empfindlichkeiten bestehen, sie sind auch wohl individuell verschieden. Die Nachtheile, welche durch unzweckmässige Entblössung entstehen, sind gar nicht zu bezweifeln; auch die energische Hautpflege bringt über diese Ungleichheiten nicht hinweg. Man wird also auch zugeben müssen, dass die Kleidung an verschiedenen Stellen eine Verstärkung erleiden darf. Die betreffenden Verstärkungen dürfen aber den allgemeinen Gesetzen homogener und lüftbarer Kleidung nicht widersprechen. Dies ist um so nothwendiger als es zumeist keine allgemeine Ventilation der Kleidung gibt, sondern lokale Eigenthümlichkeiten, die auf die Lüftung der darunter liegenden Schicht von Einfluss sind.

Wer sich entschliesst, mit manchen der weit verbreiteten irrationellen Gewohnheiten der Bekleidung zu brechen und zu

zweckmässiger Hautpflege eine rationelle Bekleidung fügt, wird in der That im wesentlichen anders nach Lebensgewohnheiten und Leistungsfähigkeit werden. Dass mitunter die Wirkung sich nicht nur auf die rein vegetativen Functionen des Körpers erstreckt, sondern auch in psychischer Hinsicht günstigen Einfluss gewinnen kann, ist meines Erachtens nicht zu bezweifeln.

Indem die Kleidung Lust zur Thätigkeit wecken kann und wenn sie absichtlich unzureichend genommen wird, auf anderen Wegen den Stoffumsatz mehrt, darf man in einer bestimmt geordneten Bekleidungsweise auch ein Mittel der diätetischen Heilmethode sehen. Eine den Bedürfnissen nach Wärmeschutz nicht ganz entsprechende Kleidung wird ähnlich wirken wie ein kühles Bad, und selbst wenn man die Mehrung des Wärmeverlustes nicht allzusehr steigert, wird man mit der Kleidung doch gewisse Erfolge erzielen können, weil sich diese Wirkung auf eine weit längere Zeit ausdehnen lässt als ein kühles Bad, was naturgemäss nur von kurzer Dauer sein kann.

Für die Fettentziehung eventuell auch zur Sparung von Fettverbrauch kann also die Kleidung ebenso verwendet werden wie andere wärmeentziehende und -sparende Mittel.

Inwieweit sich die Menschen gegen wärmeentziehende Mittel gleich oder ungleich verhalten, ist nicht näher bekannt. Nach den Erfahrungen zu schliessen, kommen mannigfache Verschiedenheiten vor. Viele namentlich anämische Personen vertragen die Wärmeentziehung schlecht. Auch bei fettleibigen Personen ist nicht immer Resistenz gegen Kälte vorhanden; die Haut kann trotz des reichlich darunter liegenden Fettes sehr empfindlich sein. Die kühle Kleidung wäre in solchen Fällen wenig am Platze. Naturgemäss ergibt sich aus Vorstehendem auch ein Einfluss der kühlen oder überwarmen Kleidung auf die Nahrungsaufnahme, der aber noch einer eingehenden Untersuchung bedürfte.

In der populären wie nichtpopulären Literatur über die Bekleidung gipfelt die Lösung des Problems der menschlichen Kleidung in dem Entscheid über den zu wählenden Grundstoff. Ich hoffe durch meine Untersuchungen den Beweis erbracht zu haben, dass man sich bei diesen Anschauungen auf

einer völlig schiefen Bahn befindet. Der Wahl der Grundstoffe steht ebenbürtig die Wahl der Gewebe gegenüber.[1])

Wir haben gesehen, dass wir mit Nothwendigkeit uns für die Oberkleidung der lockeren Gewebe aus Wolle bedienen, bloss aus dem Grunde, weil diese Gewebe am leichtesten und luftdurchgängigsten sind und bei eventueller Benetzung am wenigsten die Lüftung behindern.

Wir haben aber weiter gezeigt, dass man bezüglich der Unterkleidung eine ziemlich grosse Auswahl besitzt: sowohl Gewebe aus Wolle, aus Leinen, Baumwolle, Seide, ja auch Mischgewebe können Verwendung finden.

Verhältnismässig einfach ist die Aufgabe, eine praktische Winterkleidung zusammenzusetzen, wir werden auf die lockeren Wollgewebe wie dem Trikot und die Loden- und Kammgarnstoffe hingewiesen. Man kann aber deswegen nicht sagen, dass dies also ein »Wollsystem« sei. Denn man kann mit der Wahl mancher Wollgebe eine total irrationelle Kleidung erhalten. Auch für strenge Wintertage reicht das Wollgewebe in bester Herstellung nicht mehr hin, man wird zur Benutzung von Pelzen gedrängt.

Schwieriger wird die Construction einer guten Sommerkleidung, weil für diese ganz besondere Umstände berücksichtigt werden

1) Ich möchte hier noch anfügen, dass vielleicht noch manche Grundsubstanz sich finden lässt, welche zur Verarbeitung für die menschliche Bekleidung sich eignet. Unter meiner Sammlung fand sich eine sehr feine Waldwolle, sowie Jute, letztere etwas gröberen Materials. Ich habe die beiden Stoffe in gleicher Weise wie früher die anderen Grundstoffe geprüft (siehe Arch. f. Hygiene, Bd. XXIV, S. 308) und setze die kleine Tabelle zur Uebersicht hier bei.

Cal. III.

	$\beta \log e$	Absolutes Leitungsvermögen
Luft	0,000380	0,0000622
Wolle	0,000401	0,0000668
Waldwolle . .	0,000436	0,0000725
Seide	0,000436	0,0000725
Baumwolle . . .	0,000468	0,0000781
Jute	0,000500	0,0000820

Die Jute wurde auf ihren Aschegehalt nicht untersucht. Die Waldwolle verhält sich also wie Seide.

mussten. Manche der Gewebe, welche durch ihre Dünne und ein geringes Wärmehaltungsvermögen sich für die heisse Zeit zu eignen scheinen, mussten fallen gelassen werden, weil sie für die Lüftung und Verdunstung von Schweiss ganz und gar ungeeignet sind. So hängt die Wahl also nicht immer nur von den permanenten Eigenschaften des Gewebes, sondern von den variablen Anforderungen, die die verschiedenen Functionen des Körpers bedingen, mit ab.

Es gibt dünne Wollgewebe, welche im Sommer zur Oberkleidung Verwendung finden können, aber für die Unterkleidung ist bei Hochsommertemperatur mit dem Wollgewebe wie Trikot eine brauchbare Einrichtung nicht zu gewinnen; für diese Fälle haben wir in sehr porösen Mischgeweben ein Mittel zur Abhilfe bestehender Uebelstände gesehen.

Die reichlichste Auswahl der Stoffe für die Unterkleidung ist uns für den Ruhezustand geboten, oder besser gesagt für jene Fälle, in denen eine starke Schweisssecretion nicht eintritt. Unsere Stuben- und Hauskleidung ist zumeist eine solche Ruhekleidung. Für diese Zwecke tritt die hohe Bedeutung der Kleidungsventilation etwas zurück, so dass man auch mit einem mässig porösen, glatten Gewebe aus Leinen oder Baumwolle auskommen kann. Besser wird man sich aber auch dabei befinden, wenn man poröse Kleidung trägt.

Eine Ruhekleidung ist auch die Nachtbekleidung und das Bett; für diese Fälle werden die glattgewebten Leinen- und Baumwollstoffe nicht so leicht verdrängt werden und erfüllen im allgemeinen auch ihre Zwecke in befriedigender Weise, womit ich nicht sagen will, dass eine Besserung in dieser Beziehung nicht eintreten könnte.

Da die glatten und namentlich die Leinengewebe ausserordentlich widerstandsfähig sind und die kräftigen Einwirkungen beim Waschen ohne Schaden ertragen, so wird man mit Rücksicht hierauf in vielen Fällen, auf sie zur Zeit nicht verzichten können. So bei der Krankenwäsche, bei Kindern und unreinlichen Personen (Irren) oder im Gewerbebetrieb, wo täglich profuser Schweiss in den Hemden und Staub und Schmutz der

gewerblichen Betriebe zur Ablagerung kommt und häufig gereinigt werden muss. Ihre weisse Farbe, die die geringste Verunreinigung wahrnehmen lässt, bildet in manchen Fällen einen wichtigen Wächter für die sorgfältige Reinigung der Kleidung.

Ganz andere Gesichtspunkte müssen für die Arbeitskleidung und diejenigen Fälle, in welchen zeitweiser Schweiss abgelagert wird, oder Arbeits- und Ruhepausen wechseln, die äusseren Bedingungen variabel sind, ein Kampf mit Wind und Wetter ausgefochten werden muss, herangezogen werden, Für diese Fälle muss für die Ableitung des Schweisses von der Haut, für eine richtige Vertheilung desselben in der Kleidung, für Lüftung der Kleidung im benetzten Zustande, Verhütung des Porenverschlusses, Vermeidung des Anklebens und intensiven Temperatursturzes in erster Linie Sorge getragen werden.

Hier spielt dann die Isolirschicht, Dicke des Stoffes, Luftgehalt, hygroskopisches Verhalten, minimalste Wassercapacität, homogene Kleidung, Verhalten zur Wasserverdunstung, eine Rolle. In dieser Hinsicht können dann nicht allzu dünne Wollgewebe, — Trikots oder Krepp — und Mischgewebe, in denen Wolle mit verwendet ist, das gewünschte Ziel erreichen helfen.

Die Strassenkleidung ist auch als eine solche Arbeitskleidung anzusehen. Bei der Arbeitskleidung sollen gleichfalls die besonderen Verhältnisse berücksichtigt sein, der Aufenthalt im Freien oder in der Fabrik, eventuell die Feuersicherheit, die Festigkeit, auch der Schnitt der Kleidung. Eines passt sich nicht für Alle.

Ein Landarbeiter ist viel freier in der Bekleidungsweise als der Fabrikarbeiter; der Aufenthalt im Freien erfordert hinsichtlich der Winddichtigkeit der Gewebe unter Umständen eine andere Lösung der Kleidungsfrage als die eines Arbeiters, der durch die besonderen Umstände seines Arbeitsakts vor dem Einfluss der Windbewegung ganz geschützt ist. Im allgemeinen sind die Lebensbedingungen für die ländlichen Arbeiter besser und einfacher als für andere Betriebe. Die Art der Arbeitsleistung, der Aufenthalt im Freien, die reichliche Ernährung unterscheidet die ländliche Arbeit zum Vortheil von anderen Berufen.

Die Hygiene der Kleidung muss auch in der Gewerbehygiene berücksichtigt werden; die eigenartigen Aufgaben in vielen Gewerben erfordern besondere Anordnungen der Kleidung was Grundstoff, Gewebe, Schnitt u. s. w. anlangt.

An Stelle einer vernünftigen, dem Zwecke angepassten Kleidung, ist in den letzten Jahrzehnten immer mehr gang und gäbe geworden, dass irgend welche abgelegte, sachlich werthlose alte Kleider als Arbeitskleidung getragen werden.

Für die Hebung einer rationellen Kleidung muss in Zukunft ernstlich gearbeitet werden.

Es fehlt zunächst in weiteren Kreisen an einem Verständnis für diese Fragen und ich habe schon mehrfach ausgeführt, dass neben Modethorheit und Nachahmungssucht die falsche Vorstellung über die Möglichkeit und den Nutzen einer empirischen Beobachtung jeglicher Besserung im Wege steht.

Ein anderes Mittel zur Besserung der Verhältnisse bestünde in der Erleichterung der Wahl der Bekleidungsstoffe.

Als ein wesentlicher Fortschritt wäre es zu begrüssen, wenn man sich dahin verständigen wollte, eine einheitliche Bezeichnungsweise für die Dicke der Stoffe einzuführen. Heutzutage ist leicht, mittelschwerer, schwerer Stoff eine absolut unverständliche Angabe, weil sie wechselt je nach dem Grundstoff, ein leichter Wollstoff ist in der Dicke ganz anders gerathen als ein leichter Seidenstoff.

Man sollte auch mit Sicherheit erfahren können, ob es sich um reine Gewebe oder um Mischungen handelt; ich habe mehrfach beobachtet, dass Reinwollengewebe als Halbwolle abgegeben wurde, freilich noch häufiger den andern Fall, die Unterschiebung von Halbwollgeweben für ein Wollgewebe.

Die Industrie hat alles Interesse daran, ihre Producte einer Untersuchung zu unterziehen, um durch diese Controlle auf den richtigen Weg für die Verbesserung gewiesen zu werden.

Denn ohne eine solche Kenntnis von den Eigenschaften der Stoffe ist es ja unmöglich, eine rationelle Kleidung zusammenzusetzen. Zur Feststellung der Eigenschaften genügt die Controlle des äusseren Ansehens eines Stoffes nicht, sondern es sind hiezu

die wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden in Betracht zu ziehen.

In manchen Fällen, besonders bei billigen Waaren, wie sie die ärmere Bevölkerung kauft, wäre es sehr am Platze, wenn man in der Lage wäre, vor dem Verkauf solcher Producte zu warnen.

Ueber leukocide Substanzen in den Stoffwechselproducten des Staphylococcus pyogenes aureus.

Von

Dr. **Oskar Bail**,
Assistenten des Institutes.

(Aus dem hygienischen Institute der deutschen Universität Prag.
Vorstand: Prof. Dr. Hueppe.)

II.

Im ersten Theile der Arbeit über die leukociden Stoffe in den Stoffwechselproducten des Staphylococcus konnte der Nachweis erbracht werden, dass es unter dem Einflusse des Leukocidins, wie es im pleuritischen Exsudate von Staphylococcen-Kaninchen enthalten ist, gelingt, die normalen Leukocyten eines zweiten Thieres unter eigenthümlichen Degenerationserscheinungen zu zerstören. Es wurde ferner durch Anführung einiger Versuchstabellen gezeigt, dass die den weissen Blutkörperchen innewohnende bactericide Eigenschaft, dabei nicht nur nicht verloren geht, sondern dass es vielmehr möglich ist, die keimschädlichen Substanzen auf diese Weise zu »extrahiren«. Die so erhaltenen »Extracte« sind auch nach Entfernung der Zellen, bzw. Zellreste wirksam, und zwar gegenüber allen daraufhin untersuchten Bacterien, wenn auch in quantitativ verschiedener Weise.

Am Schlusse des ersten Theiles wurde bereits darauf hingewiesen, dass es auch möglich sei, eine Leukocytenzerstörung im lebenden Thierkörper, durch Anwendung hochvirulenter Staphylococcen herbeizuführen.

Als Ursache der Leukocytendegeneration wurde mit van de Velde ein vom Staphylococcus pyog. aureus producirtes Gift, das Leukocidin, angenommen, welches nicht nur im inficirten Thierkörper, sondern auch in künstlichen Culturen nachweisbar ist. Durch Erwärmung auf 58—60° wird die Wirksamkeit desselben in kurzer Zeit vernichtet.

Es musste als eine willkommene Bestätigung der im ersten Theil gemachten Angaben erscheinen, wenn es gelang, nachzuweisen, dass auch durch die im Thiere selbst vor sich gehende »blasige Degeneration« ein Freiwerden der bactericiden Leukocytenstoffe stattfinde. Diesen Nachweis zu erbringen, wurde in folgender Weise vorgegangen.

Zwei gleich grosse Kaninchen von ungefähr 2000 g erhielten am ersten Tage gleiche Mengen einer sterilen Aleuronatemulsion in die rechte Brusthöhle injicirt. 24 Stunden darauf, also zu einer Zeit, in welcher grosse Mengen von Leukocyten in der Pleurahöhle angesammelt sind, wurde das sterile leukocide Staphylococcentoxin in der Menge von 1—3 ccm in dieselbe Seite eingespritzt, wobei das eine Thier actives, das andere inactivirtes erhielt. Nach 1—1½ Stunden war beim ersteren der grösste Theil der in der Pleura vorhandenen farblosen Blutkörperchen degenerirt, während dieselben beim Controlthiere keinerlei Alterationserscheinungen darboten. Dann wurden die Kaninchen verblutet und die Exsudate unter den üblichen, aseptischen Vorsichtsmaassregeln entnommen.

Die Zeit der Exsudatentnahme, 1 höchstens 1½ Stunden nach der Leukocidininjection ist keineswegs willkürlich gewählt worden. Denn wenn auch die eingespritzte Dosis des zellvernichtenden Giftes, dessen Wirksamkeit bei derartigen Versuchen naturgemäss eine sehr starke sein muss, hinreicht, die in der Brusthöhle angesammelten Zellen in kurzer Zeit zu zerstören, so wird das Leukocidin doch zu schnell resorbirt, als dass dann noch eine Degeneration der frisch einwandernden Leukocyten erfolgen könnte. Ein solche Einwanderung aber findet sehr schnell statt, was durch ein kurz mitgetheiltes Versuchsprotokoll erläutert werden möge.

Ein vollkommen normales Kaninchen von 850 g Gewicht erhielt um 8 Uhr morgens eine intrapleurale Injection von 3 ccm Leukocidin (sterilisirtes Pleuraexsudat eines Staphylococcenthieres), welches mit physiologischer Kochsalzlösung auf die Quantität von 5 ccm gebracht wurde.

Durch stündlich erfolgte Capillarentnahmen wurden die Vorgänge in der Brusthöhle ersichtlich gemacht. Es fanden sich nach 1 Stunde sehr wenige, grösstentheils blasige, nach 2 Stunden etwas reichlichere, complett degenerirte Leukocyten. Nach 3 Stunden jedoch ist das bisher klare Exsudat auf einmal trüb und enthält sehr viele weisse Blutkörperchen, die nur theilweise noch Degenerationszeichen darbieten. Ihre Zahl steigt in den folgenden Entnahmen immer mehr an, nach 6 Stunden sind beinahe alle fähig, Pseudopodien zu bilden, nach 8 Stunden sind sie so zahlreich, als ob man Aleuronat injicirt hätte und durchaus normal. Bald darauf stirbt das Thier. Das Exsudat enthält ungeheure Mengen von Leukocyten, die in keiner Weise alterirt sind. Röhrchen mit 5 ccm Nährbouillon, die mit einer und drei Oesen, sowie mit 1 ccm des Exsudats beschickt waren, blieben steril, ebenso Culturen aus allen Körperflüssigkeiten und Organen. Man möge diese Abschweifung vom eigentlichen Thema entschuldigen; sie dient nicht nur dazu, die Zeit der Exsudatentnahme bei den nunmehr folgenden Versuchsreihen zu motiviren, sondern hatte auch den Zweck, Missdeutungen zu begegnen, als ob das eigentliche Wesen des Staphylococcengiftes in der leukociden Wirkung desselben bestände. Wie späterhin des Genaueren zu zeigen sein wird, ist das Toxin des Staphylococcus pyogenes aureus ein in seiner Wirkung auf den Thierkörper complicirter zusammengesetztes und das Leukocidin ist nur eine Componente desselben.

Das bei den folgenden Versuchen in Anwendung gebrachte Leukocidin war theilweise natürliches, d. h. sterilisirtes, pleuritisches Exsudat von Staphylococcenthieren, theils auch künstliches, d. h. sterilisirte Culturen von hochvirulenten Staphylococcen in flüssigen Medien.

Die Herstellung des letzteren ist eine äusserst unsichere; ohne ersichtlichen Grund zeigt von 2, in denselben Nährmitteln angelegten gleichzeitigen Culturen, die eine starke, die andere nur sehr schwache leukocide Eigenschaften, ein Uebelstand, über welchen hinauszukommen bisher nicht gelang. Das bei einigen Thieren mit theilweisem Erfolge benutzte »künstliche« Leukocidin entstammte zwei ca. 11 Tage alten Culturen; die Nährlösung der einen bestand aus 40 ccm 1 proc. Glycerinbouillon und 15 ccm Kaninchenserum, die der anderen aus 80 ccm gewöhnlicher Bouillon und 20 ccm menschlicher Ovarialcystenflüssigkeit. Von einer ganzen Serie verschieden zusammengestellter, gleichzeitig beschickter Kolben mit Culturflüssigkeit lieferten nur diese beiden ein brauchbares Leukocidin, welches eingebrachte farblose Blutkörperchen in 4—6 Minuten zur Degeneration brachte.

Das den getödteten Thieren entnommene Exsudat wurde sogleich in der gewünschten Menge in sterile Eprouvetten gebracht. Da die Wirkung des Leukocidins auf den Thierkörper nicht in den Rahmen dieses Theils der Arbeit gehört, so sei nur kurz ein auffallender Unterschied im Verhalten des mit activem Gift in Berührung gewesenen Exsudates gegenüber dem mit inactivirtem behandelten erwähnt: es ist das vollständige Ausbleiben oder doch das nur rudimentär erfolgende Auftreten der Gerinnung beim ersteren.

Die in demselben enthaltenen Leukocyten sind zwar nie so vollständig von der blasigen Degeneration betroffen, dass auch nicht einer mehr im normalen Zustande angetroffen würde, doch waren in der Regel 3/4 aller Zellen angegriffen worden und es verdient hervorgehoben zu werden, dass bei einem grösseren Bruchtheile wohlerhaltener Leukocyten sowohl stärkere Gerinnung als auch Aenderungen im bactericiden Verhalten eintraten.

Das Kriterium des thatsächlich erfolgten Austrittes der bactericiden Substanz lag in der gleichen Wirkungsweise eines centrifugirten und eines nicht centrifugirten Antheiles des mit activem Leukocidin behandelten Exsudates. Bekanntlich verliert eine leukocytenreiche Flüssigkeit viel von ihrem bacterienfeindlichen Effecte, sobald die Zellen auf irgend eine Weise entfernt

werden. Waren aber durch die blasige Degeneration die keimschädigenden Stoffe den Zellen bereits entzogen und in die umgebende, d. h. Exsudatflüssigkeit, übergegangen, so durfte ein beträchtlicher Unterschied zwischen zellfreiem und zellhaltigem Antheile in Bezug auf Bactericidie nicht mehr auftreten. Diese Differenz musste in dem Exsudate, welches mit inactivirtem Gifte in Berührung gewesen war, deutlich zu constatiren sein. Dass das Leukocidin an sich, sobald es verdünnt wird, keinen Einfluss auf das Bacteriumwachsthum hat, wurde bereits in der ersten Arbeit dargethan. Hier vertheilte sich die geringe Menge, welche in die Pleurahöhle injicirt wurde, in der ganzen, oft 15 ccm und mehr betragenden Exsudatmenge so, dass, ganz abgesehen von der schnell auftretenden Resorption, eine Trübung der Versuchsresultate nicht zu erwarten war. Als Testbacterien dienten: Staphylococcus pyogenes aureus, Bacillus typhi, Bac. pyocyaneus, Bacterium coli commune und Vibrio cholerae. Die Ausssaatmengen mussten sehr hoch genommen werden, da es sich nicht wie im ersten Theil, um Abtödtung im Haupt- und Vermehrung im Controlversuche handelte, sondern um eine Vergleichung von stärkerer und schwächerer Bactericidie. Die benutzten Agarculturen (24 Stunden alt) wurden in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, filtrirt und tropfenweise den Versuchsflüssigkeiten zugesetzt.

Die Abnahme der Keimzahl wurde durch Anlage von Gelatineplatten geprüft, die bis 9 Stunden nach der Einsaat gegossen und mittels der Neisser'schen Plattenzählmethode gezählt wurden. Doch erstreckten sich einzelne Versuche auch auf 20 Stunden. Für die folgenden Tabellen bezeichnet I das mit activem Leukocidin behandelte zellhaltige, II, das gleiche, aber durch Centrifugiren und Abgiessen von den Zellen befreite Exsudat, III und IV die entsprechenden Antheile des mit inactivem Gifte in Berührung gewesenen.

Als sehr empfindlich erwies sich hier auch wieder der Typhusbacillus:

Tabelle I.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 4 Std.	Nach 7 Std.
I	52 054	18 831	13 830	1 020
	54 300	60 984 (?)	23 322	6 480
II	41 081	41 240	17 810	1 326
	99 515	67 364	44 398	5 612
III	56 646	27 558	10 717	15 309
	50 522	52 053	22 964	30 619
IV	59 718	52 820	29 092	45 929
	47 459	56 136	32 049	ca. 100 000

Der Versuch zeigt einerseits die weitaus stärkere Action des Exsudates nach der Leukocytendegeneration, andrerseits die fast gleiche Wirksamkeit des zellhaltigen und des zellfreien Antheils desselben, wogegen III und IV sehr beträchtliche Unterschiede aufweisen. Die Bactericidie war sehr stark, aber nicht ausserordentlich, wie im folgenden Versuche:

Tabelle II.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	Nach 6 Std.	Nach 9 Std.
I	82 163	0	0	0
	85 684	12	0	0
II	77 213	102	0	0
	87 216	?	0	0
III	86 195	39 295	16 840	32 152
IV	94 921	69 405	60 740	73 487

Mitunter kam es vor, dass in dem Exsudate mit nicht degenerirten Zellen die Bactericidie, auch bei geringerer Aussaat nur eine schwache war. Solche Fälle zeigten dann besonders schön die gleichbleibenden Effecte im centrifugirten und nicht centrifugirten Antheile des Exsudates mit blasig degenerirten, die sehr abweichenden Wirkungen der betreffenden Theile des Exsudates mit intacten Zellen.

Tabelle III.
Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	6 Std.	9 Std.
I	6 328	71	0	0
II	8 369	66	5	0
III	13 065	1 631	918	7 144
IV	8 471	1 225	16 433	27 558

Wenn infolge eines wenig wirksamen Leukocidins nur ein kleiner Theil der Leukocyten degenerirt ist, so tritt auch in diesen Exsudaten ein Unterschied in der Wirkung des centrifugirten und nicht centrifugirten Antheiles auf, wie folgender Versuch beweist, der hauptsächlich den Zweck hatte, den Einfluss der Erwärmung auf die centrifugirten Stoffe studiren und deshalb später noch ausführlicher citirt werden wird.

Tabelle IV.
Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	6 Std.
I	1 824	258	412
	2 468	179	24
II	1 920	824	1 632
	2 520	427	322
III	2 408	684	6 486
IV	1 976	4 000	7 368

Die Wirkung sämmtlicher Proben war in diesem Falle nur eine schwache. Sehr energisch wird auch das Bacterium coli commune beeinflusst.

Tabelle V.
Einsaat von Bacterium coli commune.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	5 Std.	9 Std.	20 Std.
I	68 486	1 378	36	121	252
II	67 976	969	49	74	0
III	76 652	20 515	556	276	517
IV	150 548	147 461	80 748	91 859	86 309

Hier ist sogar die Bactericidie in der zweiten Reihe noch stärker als in der ersten, da sie noch nach 20 Stunden die völlige Sterilität der Platte herbeiführen konnte. Etwas getrübt wird das Ergebnis infolge der zu hoch gerathenen Aussaat in der vierten Reihe. Dieser Fehler ist vermieden in der folgenden:

Tabelle VI.

Einsaat von Bacterium coli commune.

	Sofort nach der Einsaat	Nach		
		3 Std.	6 Std.	9 Std.
I	54 707	0	0	0
	57 565	165	204	193
II	73 487	178	102	4
	76 550	18	0	2
III	59 759	357	0	97
IV	61 240	55 116	134 724	∞

Ganz erstaunlich war die bactericide Wirkung bei einem Versuche mit dem Choleravibrio, wo die Aussaat eine so starke war, dass selbst eine Abschätzung der Coloniezahl unter dem Mikroskope unthunlich war.

Tabelle VII.

Einsaat von Vibrio cholerae.

	Sofort nach der Einsaat	Nach		
		3 Std.	6 Std.	9 Std.
I	∞	0	0	0
		0	0	0
II	∞	0	0	0
		0	0	0
III	∞	56 544	6 124	51 046
IV	∞	∞	13 932	137 740

Eine derartige Abtödtung wurde bei der Wiederholung nicht mehr erreicht, wenn auch die Bactericidie immer sehr stark war.

Tabelle VIII.

Einsaat von Vibrio cholerae.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	6 Std.	9 Std.
I	∞	64	66	3 620
II	∞	58	222	3 380
III	∞	∞	203 112	∞
IV	∞	∞	∞	∞

Wurde bei der Anwendung des Vibrio die Aussaat klein genommen, so traten zwar noch Unterschiede zwischen den einzelnen Zahlenreihen auf, doch waren sie nicht mehr prägnant genug.

Tabelle IX.

Einsaat von Vibrio cholerae.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std	6 Std.	9 Std.
I	7 961	51	2	0
II	6 885	84	23	1
III	8 229	2	17	0
IV	7 685	211	92	103

Etwas widerstandsfähiger als die bisher beschriebenen Mikroorganismen verhielt sich der Staphylococcus pyogenes aureus, doch unterlag auch er noch stark genug den freigemachten Zellstoffen. Zur Verwendung kamen stets hochvirulente Culturen, die meist direct dem Thierkörper entstammten.

Tabelle X.

Einsaat von Staphylococcus pyogenes aureus.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	5 Std.	9 Std.	20 Std.
I	77 775	5 858	1 020	?	∞
II	91 859	6 889	510	306	∞
III	98 800	90 839	81 143	18 423	∞
IV	97 984	87 236	68 895	22 965	∞

Auch hier besteht also durchwegs stärkere Bactericidie in den Proben, welche die degenerirten Leukocyten enthalten hatten, wobei ein nennenswerther Unterschied zwischen der ersten und zweiten Reihe nicht besteht. Jedoch ist er für diese Tabelle auch zwischen III und IV nicht sehr erheblich. Nach 20 Stunden hatten in allen Proben die Staphylococcen wieder die Oberhand erlangt.

Tabelle XI.

Einsaat von Staphylococcus pyogenes aureus.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 7 Std.
I	105 995	68 537	35 876	20 719
II	125 744	61 341	18 575	17 555
III	67 261	37 662	29 905	28 164
IV	144 015	122 479	75 620	76 549

Die sämmtlichen Flüssigkeiten hatten hier eine geringere Wirksamkeit entfaltet als in der vorigen Tabelle, auch sind die primären Aussaaten sehr von einander abweichend, was sich manchmal trotz Filtration der benutzten Aufschwemmung nicht vermeiden lässt. Immerhin gibt die in runden Zahlen percentualisch ausgedrückte Keimabnahme ein gutes Bild der obwaltenden Verhältnisse. Man findet in der ersten Reihe 82, in der zweiten Reihe 86½, in der dritten 65 und in der vierten 46½ % Abnahme.

Tabelle XII.

Einsaat von Staphylococcus pyogenes aureus.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	Nach 6 Std.	Nach 9 Std.
I	75 018	10 615	1 939	408
	71 956	9 288	1 128	512
II	79 612	8 471	47	64
	67 374	8 165	32	94
III	61 240	3 878	6 430	128
IV	44 398	2 142	7 144	6 940

Wie öfters ist auch hier die Wirkung der zweiten Reihe noch stärker als die der ersten, während III und IV gewaltige

Unterschiede nach 9 Stunden aufweisen, obwohl die Einsaat bei IV beträchtlich kleiner war als in III.

Am resistentesten erwies sich der Bacillus pyocyaneus, gegen alle beide Exsudate, ob zellhaltig oder zellfrei. Dieser Umstand lässt übrigens die Steigerung, welche die bactericide Fähigkeit eines Exsudates durch die blasige Degeneration erfährt, schön hervortreten.

Tabelle XIII.

Einsaat von Bacillus pyocyaneus.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 7 Std.
I	26 843	8 879	7 961	8 726
II	16 841	13 778	7 808	10 711
III	18 372	4 899	3 628	3 368
IV	19 903	20 362	∞	∞

Das centrifugirte, mit inactivem Leukocidin behandelte Exsudat hatte völlig versagt, während das zellhaltige noch stark wirkte. Anders in:

Tabelle XIV.

Einsaat von Bacillus pyocyaneus.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 3 Std.	Nach 6 Std.	Nach 9 Std.
I . . . . {	60 729	44 092	27 760	32 457
	107 169	58 278	102 525 (?)	77 622
II . . . . {	51 399	30 824	27 251	26 232
	61 239	35 213	57 003	93 849
III	76 550	∞	∞	∞
IV	57 156	306 198	∞	∞

Aus der vorliegenden Arbeit ergeben sich die Schlüsse:

1. Das Leukocidin vermag auch im Thierkörper eine Zerstörung local angesammelter Leukocyten hervorzubringen.
2. Injicirt man einem Kaninchen sterilen Aleuronatbrei intrapleural und 24 Stunden später

eine Dosis Leukocidin von hoher Wirksamkeit, so werden infolge der dadurch bewirkten blasigen Degeneration der angehäuften Leukocyten bactericide Stoffe in grosser Menge frei und gehen in die Exsudatflüssigkeit über.

3. Die Folge davon ist, dass beim bactericiden Versuche ein auffallender Unterschied in der Wirkung eines zellhaltigen und zellfreien Antheils dieses Exsudates nicht mehr besteht.
4. Die keimvernichtende Aktion ist eine sehr starke und erstreckt sich auf alle untersuchten Mikroorganismen, wenn auch in quantitativer Hinsicht Unterschiede auftreten.

III.

Im Vorhergehenden fand das Verhalten der aus den Leukocyten extrahirten, bactericiden Substanzen gegen die Einwirkung höherer Temperatur keine Berücksichtigung, da dasselbe in einer eigenen Versuchsreihe studirt werden sollte. Es hatte sich nämlich bei Gelegenheit einiger, diesbezüglicher Versuche herausgestellt, dass eine einstündige Erwärmung auf 58—60° nicht genügt, um die keimtödtende Kraft derartiger Extracte vollkommen aufzuheben. An sich von Interesse, gewann das Studium dieser Verhältnisse noch eine erhöhte Bedeutung dadurch, dass auch Schattenfroh[1]) für die, nach seiner Methode extrahirten Stoffe eine hohe Resistenz gegen Erhitzung angibt. Der Schwerpunkt derartiger Feststellungen liegt in der Beantwortung der Frage nach der Identität oder vielleicht des genetischen Zusammenhangs dieser Leukocytenkörper und der Schutzstoffe des Blutes, der Alexine. Die Technik der anzuführenden Versuche war dieselbe wie sie im ersten Theile der Arbeit ausführlich beschrieben wurde. Das durch

1) Schattenfroh, Münchner medic. Wochenschr., 1897, S. 415.

Zusatz bei der Correctur: Auf die inzwischen erschienene, ausführliche Arbeit Schattenfroh's (Dieses Archiv, XXXI, 1. Heft) wird behufs Vergleichung noch später eingegangen werden müssen.

Aleuronatinjection in die Brusthöhle grosser Kaninchen gewonnene, sterile, leukocytenreiche Exsudat wurde zu je 2 ccm in Eprouvetten gefüllt, mit derselben Menge physiologischer Kochsalzlösung verdünnt und aus dieser verdünnten Flüssigkeit die Leukocyten durch Centrifugiren isolirt. Der aus ihnen bestehende Bodensatz wurde unter Einhaltung der früher eingehaltenen Cautelen mit 1 ccm Leukocidin versetzt und der Eintritt der blasigen Degeneration bei 37° abgewartet. Danach erfolgte der Zusatz der vorher abgegossenen und bei mindestens 60° inactiven, verdünnten Exsudatflüssigkeit und die Entfernung der Zellen bzw. Zellreste durch gründliches Centrifugiren. Die fast klaren Flüssigkeiten, von schwach alkalischer Reaction, wurden zur Einsaat der Testbacterien benutzt.

Es ist zu bemerken, dass als leukocides Gift immer das pleuritische Exsudat von Kaninchen zur Anwendung kam, die einer intrapleuralen Staphylococceninjection binnen 24 Stunden erlegen waren. Dasselbe wurde nach der Sterilisation mit Aether und dem Verdunsten desselben, mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, wobei die Verdünnung oft sehr weit bis zum Verhältnisse 1:30 getrieben wurde. Die leukocide Wirkung war dabei noch eine sehr prompte.

Als Testbacterien wurden diejenigen gewählt, welche sich bei den früheren Versuchen als sehr empfindlich für die bactericiden Leukocytenstoffe erwiesen hatten, also der Typhusbacillus, das Bacterium coli commune und der Choleravibrio. Trat bei Einsaat dieser in die erwärmt gewesene Flüssigkeit allsogleich Vermehrung ein, so musste dieser Umstand als genügend feines Reagens für das Verschwinden der keimfähigen Stoffe gelten.

Die Aussaaten konnten klein gehalten werden; die Zählung erfolgte nach 48 Stunden. Nur die mit Vibrio cholerae beschickten Platten mussten wegen der bei der hohen Sommertemperatur rasch eintretenden Verflüssigung theilweise schon nach 24 Stunden gezählt werden.

Da bereits im ersten Theile ausführliche Controlversuche bewiesen hatten, dass die Bacterienvernichtung nur infolge einer Extraction der keimfeindlichen Stoffe aus den Leukocyten erfolgt

sein konnte, so wurde in den folgenden Tabellen nur noch jedesmal geprüft, ob nicht etwa der Suspensionsflüssigkeit, auch ohne zellige Elemente eine keimschädigende Wirkung zukomme.

Tabelle I.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	1 456	968	95	29
Desgl. durch 1 Std. auf 58—60° erhitzt	1 328	984	1 176	2 480
	2 008	1 104	592	434
Flüssigkeit ohne Zellen	1 288	1 876	2 088	4 000

Die einstündige Erwärmung hatte also die extrahirten Stoffe wohl schwer schädigen aber nicht zerstören können.

Tabelle II.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	460	76	1	0
Desgl. durch 1 Std. auf 60° erhitzt	436	328	21	99
Desgl. durch 1½ Std. auf 60° erhitzt	412	408	9	11
Desgl. durch 2 Std. auf 60° erhitzt	580	472	67	8
Desgl. durch 1 Std. auf 65° erhitzt	496	1 140	1 280	3 528
Flüssigkeit ohne Zellen	504	572	864	2 088

Selbst eine 2 Stunden lang andauernde Erwärmung auf 58—60° war fast wirkungslos geblieben, wogegen die Erhöhung der zur Inactivirung bestimmten Temperatur um 5°, eine jede Spur von bactericider Wirkung derart vernichtet hatte, dass sogar stärkere Entwicklung als in der Controlflüssigkeit eintrat.

Um zu prüfen, ob die grössere Resistenz gegen Erwärmung durch die Concentration der aufgelösten, bezw. ausgetretenen

Leukocytenstoffe bedingt sei, wurde versucht, dieselben nur in geringerer Menge in die zur Einsaat bestimmte Flüssigkeit übertreten zu lassen. Dies gelingt, wie die unten angeführten Versuche mit Bacterium coli und dem Choleravibrio zeigen, leicht in der Weise, dass man die Einwirkung des Leukocidins auf die farblosen Zellen vorzeitig unterbricht, d. h. indem man die Leukocyten zu einer Zeit entfernt, wo nur erst bei einem kleinen Theile derselben blasige Degeneration aufgetreten ist. Für Typhus gelingt dies nur schwer, weil, wie die folgende Tabelle beweist, seine Empfindlichkeit eine so hohe ist, dass selbst diese wenig concentrirten Extracte noch stark tödtend wirken.

Tabelle III.

Extracte von geringer Concentration.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	656	284	94	57
Desgl durch 1 Std. auf 60° erhitzt . . .	824	1 352 (?)	616	232
Desgl. durch 1 Std. auf 65° erhitzt	960	1 492	3 200	8 000
Flüssigkeit ohne Zellen	896	1 228	2 480	7 800

Trotzdem in diesen Versuchsflüssigkeiten nur verhältnismässig wenige Leukocyten zu Grunde gegangen waren und dass daher nach allen bisherigen Ergebnissen nur wenige bactericide Stoffe ausgetreten sein konnten, hatten dieselben bei der geringen Aussaat noch abtödtend gewirkt, auch in der Probe, welche 1 Stunde lang auf 58—60° erwärmt gewesen war. Befremdend wirkt die anscheinende Vermehrung der Keimzahl nach 2 Stunden; da jedoch die Coloniezahl der nach 5 und 8 Stunden angelegten Platten eine stetig absteigende Tendenz zeigt, so wird man schwerlich fehl gehen, wenn man diese Unregelmässigkeit, die ab und zu unterläuft, auf einen Aussaatfehler zurückführt. Wie die frühere Tabelle, so lehrt diese wieder, dass bei einstündiger Einwirkung von 65° völlige Inactivität erreicht wird.

Die etwas weniger empfindlichen Mikroorganismen, das Bacterium coli commune und der Cholera vibrio beweisen in den folgenden Tabellen, dass auch schon 58—60° eine sehr schwere Schädigung der bactericiden Leukocytenstoffe hervorrufen. Offenbar ist ihre Vermehrungsenergie im Vergleiche zu der des Typhusbacillus eine so viel höhere, dass sie die schon alterirten keimfeindlichen Substanzen leicht zu überwinden im Stande sind.

Tabelle IV.

Einsaat von Bacterium coli commune.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	412	0	8	48
	658	12	10	14
Desgl. durch 1 Std. auf 60° erhitzt	504	812	3 216	∞
	324	292	5 120	∞
	464	536	4 280	∞
Flüssigkeit ohne Zellen	348	404	3 840	∞

Hier wird das Resultat einigermaassen dadurch getrübt, dass auch in der Controlprobe nach 2 Stunden nur erst schwache Vermehrung eingetreten ist. Immerhin bemerkt man in zweien der erhitzt gewesenen Flüssigkeiten eine Verminderung.

In der folgenden Tabelle war ohne ersichtlichen Grund die Keimvernichtung der nicht erhitzten Flüssigkeit im Vergleich zu den früheren Erfahrungen relativ schwach.

Tabelle V.

Einsaat von Bacterium coli commune.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	2 184	1 640	324	1 576
Desgl. durch 1 Std. auf 60° erhitzt	1 920	1 592	9 280	∞
Desgl. durch 1 Std. auf 65° erhitzt	1 892	5 848	∞	∞
Flüssigkeit ohne Zellen	1 764	3 832	∞	∞

Ganz abgesehen vom Sinken der Colonienzahl nach 2 Stunden in der zweiten Reihe, zeigt sich auch nach 5 Stunden noch deutlichste Entwicklungshemmung. Wurde aber die Probe auf 65° erwärmt, so erfolgte sofortige starke Vermehrung. Unterbricht man vorzeitig den Austritt der Zellstoffe, indem man schon nach kurzer Behandlung mit Leukocidin die Leukocyten entfernt, so kann man eine nur schwache Beeinflussung des Bacterium coli erreichen.

Tabelle VI.

Extracte von geringer Concentration.

Einsaat von Bacterium coli commune.

	Sofort nach der Einsaat	Nach		
		2 Std.	5 Std.	8 Std.
Extract aus den Leukocyten	864	800	1 524	15 000
Desgl. durch 1 Std. auf 58—60° erhitzt . .	808	760	3 216	∞
Desgl. durch 2 Std. auf 58—60° erhitzt . .	624	936	30 000	∞
Desgl. durch ½ Std. auf 65° erhitzt	752	1 640	90 700	∞
	644	976	100 000	∞
Desgl. durch 1 Std. auf 65° erhitzt	812	920	∞	∞
	756	1 048	∞	∞
Flüssigkeit ohne Zellen	676	1 220	∞	∞

Trotz der sehr schwachen, nur noch entwicklungshemmenden Wirkung des activen Extractes, bemerkt man, dass in der durch 1 Stunde auf 58—60° erwärmten Probe noch nicht der ganze keimfeindliche Einfluss beseitigt ist. Vielleicht fehlt derselbe auch in der 3. Zahlenreihe noch nicht vollständig, während schon ein halbstündiger Aufenthalt bei 65° jede Spur von Bactericidie beseitigt hatte.

Noch leichter als der Colonbacillus überwindet der Choleravibrio die nach einstündiger Erhitzung auf 58—60° zurückgebliebenen Reste der bactericiden Leukocytenstoffe.

Tabelle VII.

Einsaat von Vibrio cholerae.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	732	0	0	0
	398	0	34	65
Desgl. durch 1 Std. auf 58—60° erhitzt	548	880	∞	∞
	484	352	∞	∞
	680	684	∞	∞
Flüssigkeit ohne Zellen	552	1 440	∞	∞

Eine Entwicklungshemmung ist nach 2 Stunden in allen 3 erhitzten Proben noch zu erkennen, später vermehren sich aber die Vibrionen so stark wie in der Controlflüssigkeit. Wie beim Bacterium coli, so lässt sich auch beim Choleravibrio die vernichtende Kraft der Extracte aus den Leukocyten einigermaassen abstufen.

Tabelle VIII.

Extracte von geringer Concentration.

Einsaat von Vibrio cholerae.

	Sofort nach der Einsaat	Nach 2 Std.	Nach 5 Std.	Nach 8 Std.
Extract aus den Leukocyten	1 472	140	812	1 156
	1 112	288	1 376	8 408
Desgl. durch 1 Std. auf 58—60° erhitzt	1 640	2 168	∞	∞
	1 360	1 448	∞	∞
Desgl. durch 1 Std. auf 65° erhitzt	1 076	8 560	∞	∞
	1 128	7 536	∞	∞
Flüssigkeit ohne Zellen	1 768	9 000	∞	∞

Nur durch Vergleichung der nach 2 Stunden erhaltenen Zahlen lässt sich in den beiden, auf 58—60° erhitzten Proben noch eine Entwicklungshemmung constatiren, während nach Erhitzung auf 65°, wie immer bisher, jede Spur von bactericider Wirkung verloren gegangen ist.

Es handelt sich nun um eine Erklärung dieser grösseren Tenacität der extrahirten Leukocytenstoffe gegen Temperaturen,

welche an sich schon höher sind als diejenigen, die zur Inactivirung der Serumalexine sowohl als auch der leukocytenhaltigen Exsudate genügen, wie dies namentlich Buchner und Hahn in zweifelloser Weise festgestellt haben und was, wie die folgende Tabelle beweist, jedesmal eintrifft.

Tabelle IX.

Zur Verwendung kommt unverändertes Aleuronatexsudat eines normalen Kaninchens.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach		
		3 Std.	6 Std.	9 Std.
3 ccm Exsudat als solches	13 065	1 631	918	7 144
3 ccm Exsudat centrifugirt	8 471	1 225	16 433	27 558
3 ccm Exsud. als solch., 3/4 Std. auf 55° erhitzt	5 409	9 186	61 240	∞
3 ccm Exsudat centrifugirt und 3/4 Std. auf 55° erhitzt	4 891	7 757	67 364	∞

Der Versuch, bei welchem übrigens die Bactericidie nicht besonders stark zum Ausdrucke kam, beweist zunächst aufs Neue die von allen Untersuchern constatirte Thatsache, dass das zellhaltige Exsudat stärker wirkt als das zellfreie, und weiter, dass 55° hinreichen, um sowohl dem einen, wie dem andern, jede bactericide Kraft zu rauben.

Wieso kommt es nun, dass die extrahirten Zellstoffe eine viel länger dauernde Erwärmung auf eine höhere Temperatur ertragen, ohne völlig zu Grunde zu gehen, während sie total vernichtet werden, so lange sie in den Zellen vorhanden sind, und zwar bei viel kürzerer Einwirkung einer geringeren Wärme?

Schattenfroh fand bereits hiefür die richtige Erklärung, die auch für den vorliegenden Fall zutreffend ist.

Durch die Untersuchungen Buchner's[1]) ist es bekannt, welchen Einfluss der Zusatz von Salzen auf das Verhalten der

1) Buchner, Archiv für Hygiene, Bd. XVII, S. 138.

Alexine hat. Was für diese gilt, lässt sich leicht auch auf die aus den Leukocyten extrahirten Stoffe übertragen.

Nun enthielten aber alle »Extracte«, welche zur Einsaat von Bacterien verwendet wurden, Natriumchlorid in ansehnlicher Menge. Dasselbe war in Form physiologischer Kochsalzlösung einerseits zur Verdünnung des Leukocidins, andererseits zu der der Exsudatflüssigkeit, in Anwendung gekommen. Ohne jede Verdünnung konnte bei Herstellung derartiger Flüssigkeiten nicht gut gearbeitet werden, theils weil dadurch die etwaige bacterienschädigende Wirkung des Staphylococcentoxins paralysirt werden musste, theils weil sich auf diese Weise die so störende Gerinnung des Aleuronatexsudates wenigstens etwas verhindern liess.

Reines Wasser zur Verdünnung zu nehmen, war schon wegen der deletären Wirkung desselben auf die farblosen Blutkörperchen ausgeschlossen, selbst wenn man den Umstand ausser Acht gelassen hätte, dass es, wie ebenfalls Buchner (a. a. O. S. 139) zeigte, die Wirksamkeit der Alexine alterire.

Es wäre noch möglich gewesen, die Verdünnungen mittels einer thierischen Flüssigkeit, z. B. inactivirtem Blutserum, vorzunehmen; dann aber hätten die Extracte von vornherein so viele gute Nährstoffe enthalten, dass ein Undeutlichwerden der baktericiden Wirksamkeit zu befürchten war. Ist es doch bekannt, dass selbst der Zusatz von Antisepticis durch hohe Concentration der Nährlösung einigermaassen paralysirt werden kann.

Einen Ausweg aus diesen Schwierigkeiten bot die Versuchsanordnung, welche im zweiten Theile der vorliegenden Arbeit eingehalten worden war. Hier war es möglich, geringe Mengen eines unverdünnten, stark wirksamen Leukocidins in die Brusthöhle von Kaninchen, die 24 Stunden vorher eine Aleuronatinjection erhalten hatten, einzuführen und das Exsudat, welches zum grössten Theil blasig degenerirte Leukocyten enthielt und nicht mehr gerann, als solches zu verwenden.

Tabelle X.

Grosses, weisses Kaninchen erhält 24 Std. nach einer intrapleuralen Aleuronatinjection eine Einspritzung von 1 ccm stark wirksamen Leukocidins in dieselbe Brusthöhle. Das stark röthliche Exsudat (etwa 10 ccm) wird zur **Einsaat von Bac. typhi** benutzt.

	Sofort nach der Einsaat	Nach		
		3 Std.	6 Std.	9 Std.
2 ccm Exsudat als solches	7 961	51	2	0
2 ccm Exsudat centrifugirt	6 835	34	23	1
2 ccm Exsud. als solch., 1 Std. auf 55° erhitzt	6 733	28 604	∞	∞
2 ccm Exsudat centrifugirt und 1 Std. auf 55° erhitzt	10 309	38 275	∞	∞

Ein weiterer Versuch, der auch deshalb von Interesse ist, weil infolge des zu schwach wirksamen Leukocidins, nur ein kleinerer Theil der Leukocyten in der Brusthöhle degenerirt war und daher ein deutlicher Unterschied in dem bactericiden Effecte des centrifugirten und des nicht centrifugirten Exsudatantheiles zu constatiren ist, lehrt folgende

Tabelle XI.

Versuchsanordnung wie vorher.

Einsaat von Bac. typhi.

	Sofort nach der Einsaat	Nach	
		3 Std.	6 Std.
2 ccm Exsudat als solches . . .	2 468	179	24
2 ccm Exsudat centrifugirt . . .	2 520	427	322
2 ccm Exsudat als solches, ½ Std. auf 55° erhitzt	3 288	3 264	30 000
Desgl. 1 Std. auf 55° erhitzt . . .	2 960	4 136	25 000
2 ccm Exsudat centrifugirt und ½ Std. auf 55° erhitzt	2 312	1 280	10 000
Desgl. durch 1 Std. auf 55° erhitzt	3 128	3 712	15 000

Vielleicht ist hier durch ½stündige Erwärmung auf 55° noch nicht die ganze bactericide Kraft vernichtet, wenn auch schon

schwer geschädigt; bei Ausdehnung der Erhitzung auf eine Stunde jedoch findet sich keine Andeutung eines Keimvernichtungsvermögens mehr.

Auf diese Weise klärt sich also der scheinbare Widerspruch auf, der darin liegt, dass die in den Zellen enthaltenen Stoffe eine geringere Resistenz gegen hohe Temperaturen zeigen sollten, als die aus den Zellen freigewordenen. Einzig und allein der Gehalt der »Extracte« an Natriumchlorid, welcher durch die unumgänglich nothwendige Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung bedingt wird, ist es, welcher diese Differenz verursacht. Vermeidet man durch eine geänderte Versuchsanordnung den künstlichen Salzgehalt der Probeflüssigkeiten, so kann man zeigen, dass die Leukocytenstoffe sich höheren Temperaturen gegenüber genau so labil verhalten wie die Alexine des Blutserums.

Der Annahme, dass beide miteinander identisch sind, dass die Serumschutzstoffe in einem genetischen Zusammenhange mit den bactericiden Stoffen der farblosen Blutkörperchen stehen und als die freigewordenen (secernirten) und in die Körpersäfte übergegangenen keimfeindlichen Substanzen der Leukocyten anzusehen sind, steht mithin nichts im Wege.

IV.

Der Verlauf der intrapleuralen Staphylococceninfection beim Kaninchen.

Um die näheren Verhältnisse kennen zu lernen, unter welchen der Staphylococcus pyogenes aureus sein leukocides Gift bildet, war es nothwendig, die Veränderungen zu studiren, welche sich in der Brusthöhle von Kaninchen im Verlaufe der Infection abspielen. Derartige Untersuchungen waren es auch, welche van de Velde zur Entdeckung des Leukocidins führten.

So viel als möglich sollten die folgenden Feststellungen an ein und demselben inficirten Thiere gemacht werden, da die Methode, eine ganze Reihe von Kaninchen zu inficiren und in bestimmten Zeiträumen zu tödten, den Nachtheil hat, die individuelle

Disposition der Versuchsthiere zu vernachlässigen. Die Untersuchungen über die Cholera-Immunität haben uns ein Mittel kennen gelehrt, die einzelnen Phasen des Infectionsvorganges am lebenden Thiere beobachten zu können; es ist dies die Entnahme kleiner Exsudattröpfchen aus der Bauchhöhle von Meerschweinchen mittels feiner Glaskapillaren. Diese Methode lässt sich auch für die Pleurahöhle von Kaninchen verwerthen, wenngleich es dabei, um Verletzungen zu vermeiden, grosser Vorsicht und einiger Uebung bedarf; namentlich ist die richtige Lagerung der Thiere von Bedeutung. Ein in allen Einzelheiten genaues Bild erhält man so allerdings nicht, da eben nur die, in der Brusthöhle vorhandene Flüssigkeit der Untersuchung zugänglich gemacht werden kann; was auf der Oberfläche der Serosa vorgeht, lässt sich so natürlich nicht feststellen, wie bereits Gruber für das Peritoneum von Meerschweinchen angab. Da aber der Uebertritt der weissen Blutkörperchen in die Brusthöhle gleichzeitig mit einer Flüssigkeitsansammlung einhergeht, und die infolge der leukociden Wirkung der Coccen sich abspielenden Degenerationsvorgänge in dieser erfolgen, so lieferten die von Zeit zu Zeit entnommenen Exsudattröpfchen vollkommen hinreichende Resultate. Auch die relative Menge der in der Flüssigkeit der Brusthöhle zur gegebenen Zeit vorhandenen Staphylococcen lässt sich feststellen, indem man die mit dem Exsudate gefüllte Capillare über einer kleinen Platinöse ausbläst und das hängengebliebene Tröpfchen zur Anfertigung von Gelatineplatten benutzt. — Aus der Brusthöhle normaler Kaninehen erhält man in der Regel mit der Capillare kein zu mikroskopischen Untersuchungen hinreichendes Material. Schwemmt man aber die daselbst frei vorhandenen Zellen gewissermaassen in einer kleinen Flüssigkeitsmenge auf, indem man zuerst 2 ccm physiologischer Kochsalzlösung intrapleural injicirt und gleich darauf durch einen Zwischenrippenraum etwas hinter der Axillarlinie mit der Capillare eingeht, so findet man in dem klaren Tröpfchen ausser wenigen rothen und noch viel spärlicheren polymorphkernigen oder polynuclearen, weissen Blutkörperchen keinerlei zellige Elemente. Man kann diese wenigen,

bereits in der normalen Brusthöhle des Kaninchens vorhandenen Leukocyten ohne weiteres vernachlässigen.

Die nach intrapleuralen Staphylococceninfection auftretenden Veränderungen sollen in den nachfolgenden Protokollen ausführlich beschrieben werden. Es kam vor allem auf die, durch hochvirulente Coccen gesetzten Veränderungen an. Die benutzten Thiere waren immer mittelgross, etwa 1000 g schwer, die sicher tödtliche Dosis des benutzten Staphylococcus betrug für Kaninchen des erwähnten Gewichts etwa $^1/_{60}$ Oese, wobei der Exitus meist nach sehr kurzer Zeit erfolgte. Geringere Mengen tödteten zwar ebenfalls noch bis zu $^1/_{100}$ Oese, häufig aber nicht mehr mit Sicherheit und die Zeit liess sich dabei nicht mehr vorhersagen.

1. Grauweisses, 870 g schweres Weibchen erhält eine ganze 24 Std. alte Agarcultur von virulentem Staphylococcus pyogenes aureus in die rechte Brusthöhle. Temperatur vor der Infection = 37,4. Platte, angelegt mit 1 Oese der Injectionsflüssigkeit = ∞ Col. Entnahme nach 1 Std. Temp. = 36,8. Exsudat leicht blutig. Erythrocyten zahlreich. Weisse Blutkörperchen so zahlreich, dass etwa auf jedes 3. Gesichtsfeld eines kommt, 5 davon sind total blasig degenerirt, von den übrigen zeigen die meisten deutlich die Kerne, sowie ungeordnete Anhäufung von Granulis. Es finden sich noch normal aussehende, jedoch fehlt Pseudopodienbildung durchaus. Staphylococcen sind im ungefärbten Präparate nicht, im gefärbten nur äusserst spärlich zu finden. Platte mit 1 Oese des Exsudates = 252 Col. Entnahme nach 2 Std. Temp. = 37,5. Exsudat röthlich. Die Zahl der Leukocyten hat entschieden abgenommen, so dass etwa auf jedes 6. Gesichtsfeld einer kommt; der kleinere Theil derselben ist complet blasig, die Mehrzahl in der Degeneration mehr weniger weit fortgeschritten, doch bilden noch einzelne bei 37° Pseudopodien. Staphylococcen auch im gefärbten Präparate nicht zu sehen. Die Platte ergibt noch 124 Colonien. Entnahme nach 3 Std. Temp. = 38,7. Leicht röthliches Exsudat, in welchem die Zahl der Leukocyten noch weiter gesunken ist; es konnten im ganzen Präparate nur 15 aufgefunden werden, wovon nur einer noch erhalten war, während die übrigen völlig leere Blasen darstellten. Die Gelatineplatte liefert 37 Colonien.

Entnahme nach 5 Std. Temp. = 38,9. In dem röthlichen Exsudate erscheint die Zahl der weissen Zellen etwas erhöht, aber sämmtliche sind total blasig degenerirt. Die Platte zeigt 140 Colonien.

Entnahme nach 6 Std. Temp. = 39,1. Wenig rothes, trübes Exsudat, mit ungefähr der gleichen Zahl von Leukocyten wie vorher; alle ohne Ausnahme sind zu leeren Blasen geworden die oft sehr stark gequollen erscheinen. Staphylococcen treten sowohl im gefärbten als im ungefärbten Präparate auf. Auf der Platte gehen 704 Colonien auf.

Entnahme nach 8 Std Temp. = 37,4. Das Thier in Agone. Exsudat röthlich trüb, mit anscheinend noch weniger Leukocyten wie vorher; sämmt-

liche sind blasig degenerirt. Staphylococcen sind nunmehr sehr zahlreich, meist in Diplococcenform.

Das Thier stirbt gleich darauf. Section sofort: Hautgefässe stark gefüllt. In der rechten Pleurahöhle 6½ ccm trüben, rothen Exsudates, mit spärlichen, total blasig degenerirten Leukocyten und vielen Staphylococcen. Links etwa 2 ccm einer weniger rothen und viel klareren Flüssigkeit mit rothen und wenigen weissen, meist degenerirten Blutkörperchen. Lungenoberfläche und Herzbeutel rechts mit spärlichen kleinen Fibrinflocken besetzt, welche degenerirte Leukocyten und sehr zahlreiche Staphylococcen enthalten. Im Herzblute Hypoleukocytose, einzelne farblose Blutzellen zeigen Degenerationserscheinungen, Alle Organe sonst normal.

Ueber die Vertheilung der Staphylococcen im Körper gibt folgende Zahlenreihe Aufschluss:

Rechtsseitiges Exsudat	∞	Col.	pro 1 Oese Flüssigkeit bezw. ausgepressten Organsaft.
Linksseitiges Exsudat	102	»	
Herzblut	720	»	
Milz	5	»	
Leber	3	»	

2. Graues Kaninchen, 1050 g, erhält 1 Oese Staphylococcenagarcultur (24 Stunden alt) in die rechte Brusthöhle. Eine sofort nach der Injection vorgenommene capillare Entnahme liefert eine Flüssigkeit, welche eine Unzahl von Staphylococcen, wenig rothe und sehr spärliche weisse, polymorphkernige Blutkörperchen enthält. Eine mit einer Oese angelegte Gelatineplatte lässt eine nicht zu schätzende Zahl von Colonien aufgehen.

Entnahme nach 1 Std.: Exsudat klar und hell, sehr wenig rothe und weisse, übrigens normale Blutkörperchen enthaltend. Staphylococcen mikroskopisch nicht aufzufinden, doch liefert die Platte 232 Colonien.

Entnahme nach 2 Std.: Exsudat gelblich, leicht trüb; mässig zahlreiche rothe Blutkörperchen; von Leukocyten wurden 6 einzelne und 2 Klümpchen von 9 und 5 Exemplaren gefunden. Alle sind bis auf einen total blasig. Von Staphylococcen gehen auf der Platte 97 Colonien auf.

Entnahme nach 3 Std.: Weisse Blutkörperchen mindestens 5 mal so reichlich wie vorher. Die weitaus grösste Zahl derselben ist blasig, oder in fortschreitender Degeneration begriffen. 3 Leukocyten bieten anscheinend noch normale Verhältnisse, dabei eine Phagocytose. Staphylococcen sind mikroskopisch nachweisbar. Die Platte lässt 120 Colonien erkennen.

Entnahme nach 4 Std.: Exsudat trüb, hie und da mit kleinen Flöckchen. Die Zahl der Leukocyten ist wiederum gestiegen, so dass bis 5 in einem Gesichtsfelde vorkommen. Sie zeigen alle Stadien der blasigen Degeneration, wobei die völlig degenerirten vorwiegen. Die Platte gibt 840 Staphylococcencolonien.

Entnahme nach 5 Std.: Die Leukocyten haben auf einmal an Menge sehr abgenommen, die vorhandenen sind durchaus blasig. Auf der Platte wachsen 752 Colonien.

Nach 6 Std. stirbt das Thier. In der rechten Pleura finden sich $5^{1}/_{2}$ ccm rothen trüben Exsudates; Leukocyten sind darin nur noch spärlich vorhanden, ganz und gar blasig degenerirt. Staphylococcen sehr zahlreich. Fibrinflocken auf der Lungenoberfläche und dem Herzbeutel. Links etwa 1 ccm Exsudat mit wenigen, völlig degenerirten Leukocyten. Im Herzblute Hypoleukocytose, die vorhandenen farblosen Zellen vielfach klein, mononuclear. Mässig starke Cocciiosis der Leber (Ursache des so frühzeitig eingetretenen Todes?) Sonst alle Organe normal.

3. Grauweisses Männchen, 1325 g, erhält $^{1}/_{8}$ Oese Staphylococcenagarcultur in die rechte Brusthöhle. Temperatur vor der Injection = 37,9. Platte mit 1 Oese der injicirten Flüssigkeit 107160 Col.

Entnahme nach 1 Std.: Temp. = 37,4, Exsudat roth, klar. Von weissen Blutkörperchen kommt etwa auf jedes 4. Gesichtsfeld eines. Die Kerne der meisten sind bläschenförmig, die Granula ungeordnet, vielfach in tanzender Bewegung; viele Zellen sind bereits ganz leer. Die Platte ergibt die Zahl von 45 Colonien pro Oese.

Entnahme nach 2 Std.: Temp. = 37,5, Röthliches Exsudat. Leukocyten etwas reichlicher als vorher, aber immer noch spärlich; viele mit heller peripherer Zone und sichtbarem Kern, aber nur wenige complett zu Blasen degenerirte Zellen. Die Gelatineplatte lässt 4 Colonien wachsen.

Entnahme nach 4 Std.: Temp. = 38,3. Das Exsudat ist stark trüb. In demselben finden sich Leukocyten sehr zahlreich, ausschliesslich polymorphkernig und polynuclear. Die meisten sind rund und zeigen ihre Kerne, doch findet sich noch eine ganze Anzahl wohl erhaltener und mit Pseudopodien versehener Zellen. Zur Anlegung einer Platte reichte das erlangte Tröpfchen nicht hin; doch waren Staphylococcen, wenn auch nur äusserst spärlich, im gefärbten Präparate zu finden.

Entnahme nach 6 Std.: Temp. = 39,1. Exsudat roth, trüb. Die Zahl der Leukocyten hat eher noch mehr zugenommen. Kein einziger sendet mehr Pseudopodien aus, viele sind bereits gänzlich degenerirt. Staphylococcen reichlich. Die Platte ergibt 376 Colonien.

Entnahme nach 8 Std.: Temp. = 38,3. Exsudat roth, trüb. Sinken der Zahl der Leukocyten, die meist völlig degenerirt erscheinen. Nur ein anscheinend normaler war noch aufzufinden. Staphylococcen in jedem Gesichtsfeld. Auf der Platte wachsen 1840 Colonien.

10 Std. nach der Infection stirbt das Thier. In der rechten Brusthöhle etwa 4 ccm stark rothen Exsudates mit spärlichen, total degenerirten Leukocyten. Nur eine Anzahl von hie und da vorkommenden Lymphocyten ist besser erhalten. Staphylococcen sehr zahlreich, vielfach in kleinen Häufchen beisammen liegend, ab und zu auch im Innern von total degenerirten Leukocyten. Links etwa 1 ccm einer klaren, rothen Flüssigkeit mit spärlichen degenerirten farblosen Blutkörperchen und seltenen Coccen. Lungenoberfläche, Pleura und Herzbeutel mit feinen Fibrinflocken und Fäden bedeckt. Im Herzblute Hypoleukocytose, einzelne Leukocyten degenerirt. Milz

leicht vergrössert. Alle übrigen Organe normal. Die culturelle Untersuchung ergibt folgende Resultate:

Rechtsseitiges Exsudat	=	∞	Colonien.
Linksseitiges »	=	2	»
Herzblut	=	124	»
Leber	=	12	»
Milz	=	0	»

4. Graugelbes Weibchen, 860 g, erhält $^1/_{10}$ Oese Staphylococcencultur in die rechte Brusthöhle. Temperatur vor der Injection = 37,9. Platte mit 1 Oese Injectionsflüssigkeit = 27558 Colonien.

Entnahme nach 2 Std.: Temp. = 36,4 gibt ein ziemlich helles, fast klares Exsudat, welches von Leukocyten etwa einen auf jedes Gesichtsfeld enthält. Von diesen sind 3 zu vollständigen Blasen geworden, eine Anzahl ist in Degeneration begriffen, die meisten aber normal. Die Platte liefert 72 Colonien.

Entnahme nach 4 Std.: Temp. = 37,5. Exsudat fast farblos, leicht trüb. Weisse Blutkörperchen etwa in derselben Menge wie vorher, aber fast alle zu typischen Blasen geworden. Nur an einer Stelle, wo einige in einem Häufchen beisammen liegen, finden sich noch erhaltene Granula; von einer Pseudopodienbildung ist aber keine Rede mehr.. Platte: 1128 Colonien.

Entnahme nach 6 Std.: Temp. = 38,6. Zahl der weisses Körperchen gegen früher eher etwas gestiegen, fast alle degenerirt. Im mikroskopischen Bilde fällt die gewaltige Zunahme der Staphylococcen auf, womit auch der Befund auf der Platte übereinstimmt, welche 5260 Colonien liefert.

Entnahme nach 8 Std.: Temp. = 37,3. Thier schwer krank. Die Zahl der Leukocyten ist stark gesunken, sie sind sämmtlich vollkommen degenerirt, Staphylococcen in sehr beträchtlicher Zahl. Auf der Platte wachsen 5400 Colonien. Das Thier stirbt $^1/_2$ Std. danach. In der rechten Pleura 6—7 ccm trüben, gelbröthlichen Exsudates mit typisch degenerirten Leukocyten und ungemein zahlreichen Staphylococcen. Links etwa $1^1/_2$ ccm Flüssigkeit mit spärlichen, degenerirten Zellen. Lungenoberfläche, Pleura und Herzbeutel rechts mit Fibrinfetzen, welche degenerirte Leukocyten und viele Staphylococcen einschliessen. Im Herzblut Hypoleukocytose; die vorhandenen weissen Blutkörperchen zeigen vielfach Degenerationsformen. Sonst normale Verhältnisse. Bezüglich der Vertheilung der Coccen im Körper wurde gefunden:

Rechtsseitiges Exsudat	=	∞	Colonien
Linksseitiges »	=	2800	»
Herzblut	=	115	»
Leber	=	—	»
Milz	=	1	»

Ueberblickt man die sich aus derartigen Versuchen, von denen einige ausführlich mitgetheilt sind, ergebenden Resultate, so bemerkt man, dass bei Verwendung vielfach tödtlicher Staphylococcengaben, grosse Unterschiede nicht auftreten. Die

Menge der in der Brusthöhle auftretenden Leukocyten bleibt eine relativ beschränkte; sie steigt einige Zeit nach der Infection mehr oder weniger stark an, um gegen das Ende des Thieres hin regelmässig wieder abzusinken. Man wird in der Annahme schwerlich fehlgehen, dass die letztere Erscheinung ihren Grund in der vollkommenen Auflösung einer ganzen Anzahl von bereits degenerirten Zellen hat. Was die blasige Degeneration betrifft, so ist dieselbe meist schon sehr frühzeitig nachzuweisen, und befällt gegen den Tod des Kaninchens hin alle noch aufgetretenen Leukocyten, deren Zahl im Exsudate des verendeten Thieres immer eine relativ sehr geringe ist.

Die allermeisten farblosen Blutkörperchen, welche in die Brusthöhle übertreten, sind, soweit sich dies noch erkennen lässt, polymorphkernig, oder polnuclear; mononucleare Formen sind relativ selten, meist als kleine Lymphocyten, die sich durch eine etwas grössere Widerstandskraft gegen die leukociden Einflüsse auszeichnen. Das frühzeitige Verschwinden der Granula macht eine Bestimmung der etwa vorhandenen sehr schwierig, doch lässt sich bemerken, dass die eosinophilen keine besondere Rolle spielen. Weiterhin wird diesbezüglich noch einiges zu erwähnen sein.

Sehr constant ist in den Entnahmen der ersten Zeit nach der Infection das Sinken der Zahl der Staphylococcen. Wenn auch ohne weiteres zugegeben werden muss, dass die injicirten Mikroorganismen sich sehr rasch über eine grosse Fläche vertheilen können, was durch die Athembewegungen noch beschleunigt wird, und dass ein grosser Theil derselben durch die Anlagerung an die Lungenoberfläche und dgl. der capillaren Saugwirkung entgeht, so kann diese Concession es doch allein schwerlich erklären, dass von den vielen Millionen von Coccen, die z. B. im ersten Falle eingeführt wurden, nach Verlauf einer Stunde nur noch 252, nach drei Stunden gar nur 37 vorhanden sein sollen.

Ebenso regelmässig, wie die Zahl der Staphylococcen in der ersten Zeit sinkt, nimmt sie späterhin immer mehr zu und eine Oese des dem verendeten Thiere entnommenen Exsudates

enthält so viele entwicklungsfähige Keime, dass sie durch die rapid auftretende Verflüssigung eine Zählung auf der Gelatineplatte illusorisch machen.

Das alles spricht dafür, dass der Körper trotz der hohen Virulenz der injicirten Coccen eine Zeitlang die Fähigkeit besitzt, ihrer Entwicklung Schranken zu setzen, dass aber eben diese Virulenz schon nach kurzer Zeit die Schutzkräfte überwindet.

Die Temperatur der Versuchsthiere schwankt nur in engen Grenzen: in der Regel erfolgt nach der Infection ein Absinken der Körperwärme, was wohl als Shokwirkung aufgefasst werden muss, hierauf erfolgt ein mässig starkes Ansteigen, welches gewöhnlich mit der Leukocytenvermehrung in der Pleura, wenn diese überhaupt vorhanden ist, zeitlich zusammenfällt. Die Agone hat wiederum eine Wärmeerniedrigung zur Folge, welche aber in keinem von den untersuchten Fällen (12 an der Zahl) einen hohen Grad erreichte.

Bezüglich der den Tod begleitenden Erscheinungen ist noch die öfters zu beobachtende, eigenthümliche Stellung der Thiere zu erwähnen. Das Thier beugt den Kopf mit angelegten Ohren stark gegen rückwärts, die Athmung ist sehr mühsam: auf einmal wird es unruhig, läuft nach vorwärts, fällt aber auf die Seite und stirbt unter einigen krampfartigen Streckungen des ganzen Körpers.

Makroskopische sichtbare Veränderungen fehlen im todten Thiere, bis auf die in der rechten Brusthöhle vorhandenen Fibrinauflagerungen und Pseudomembranen, die aber nie eine besondere Ausdehnung erreichen. Die Serosen in der linken Seite erscheinen meist vollkommen glatt und glänzend. Milzvergrösserung leichtesten Grades wurde nur in Ausnahmsfällen beobachtet.

Die Vertheilung der Staphylococcen im Körper war immer so, wie sie in den drei oben citirten Fällen angegeben ist. Niemals fand sich bei den acut erlegenen Thieren in irgend einem Organ eine starke Vermehrung. Von den ca. 70 Protocollen über Staphylococcenthiere, bei denen diesen Verhältnissen Aufmerksamkeit geschenkt wurde, war immer nur in der rechten

Pleura, also am Orte der Infection, üppiges Wachsthum eingetreten; ausserdem fanden sich Coccen in ansehnlicherer Menge nur noch im Herzblute und der linken Brusthöhle, in letzterer, wie bereits im ersten Theile der Arbeit erwähnt wurde (Dieses Archiv Bd. XXX, p. 353), oft spärlicher als im Blute. Von den übrigen Organen wurden immer Leber und Milz untersucht und sehr oft war die eine oder auch alle beide steril. Ob dies seinen Grund in dem äusserst raschen Krankheitsverlaufe hat, oder ob es sich thatsächlich nur um locale Wucherung der Infectionsträger mit Giftbildung handelt, worauf auch das sonstige Krankheitsbild hinweist, soll hier noch unerörtert bleiben.

Interessante Ergebnisse liefert die Untersuchung der Staphylococceninfection bei Anwendung der binnen 24 Stunden einfach tödtlichen Dosis.

5. Graues Weibchen, 1050 g, erhält $^1/_{60}$ Oese Staphylococcencultur in die rechte Brusthöhle. Temperatur vor der Injection = 37,0.

Platte mit 1 Oese Injectionsflüssigkeit = 111 Colonien.

Entnahme nach 1 Std.: Temp. = 36,8. Exsudat röthlich mit zahlreichen rothen Blutkörperchen. Weisse finden sich im ganzen Präparate nur 9, davon ist eines typisch degenerirt, die übrigen normal und mit Pseudopodien versehen. Platte bleibt steril,

Entnahme nach 2 Std.: Temp. = 36,3. In dem leicht zu erhaltenden Exsudate finden sich wenige rothe und nur ein weisses, übrigens normales Blutkörperchen. Im gefärbten Präparate lassen sich ihrer 6 polynucleare, mit durchaus guter Kernfärbung auffinden. Platte steril.

Entnahme nach 3 Std.: Temp. = 37,3. Exsudat röthlich trüb Die Zahl der Leukocyten ist mit einem Male derart gestiegen, dass sich fast in jedem Gesichtsfelde einer findet. Nur einer konnte gefunden werden, der Degenerationserscheinungen aufwies, alle übrigen sind normal, senden Pseudopodien aus und nehmen tadellose Kernfärbung an. Die mit 1 Oese angelegte Platte bleibt steril.

Entnahme nach 4 Std.: Temp. = 37,3. Exsudat trüb röthlich. Verhältnisse wie vorher, nur dass die Leukocyten noch reichlicher geworden sind und in vielen Gesichtsfeldern bereits 2—3 und mehr vorkommen. Im Protoplasma der meist polynuclearen Zellen stark gefärbte Granula. Platte steril.

Entnahme nach 6 Std : Temp. = 37,8. Exsudat trüb. Gegen die frühere Entnahme hat sich die Zahl der Leukocyten mindestens verdreifacht. Die allergrösste Mehrzahl ist normal und trägt Pseudopodien, doch bleiben einzelne bei 37° streng rund. Im Protoplasma gefärbte Granula.

Eine mit 2 Oesen Exsudat angelegte Platte ergibt 5 Staphylococcencolonien.

Entnahme nach 7 Std.: Temp. = 37,7. Exsudat röthlich, dicht trüb. Die Menge der Leukocyten ist wiederum sehr stark angestiegen, 30 und mehr finden sich im Gesichtsfelde. Eigentliche Degenerationsformen fehlen; eine Anzahl sendet aber keine Pseudopodien mehr aus. Auffällig ist das häufige Vorkommen von stark gefärbten Granulis im Protoplasma der Zellen, sowie das Wiederauftreten von Staphylococcen im mikroskopischen Präparate. Dennoch ergibt eine mit 2 Oesen des leicht in grösserer Menge zu erhaltenden Exsudates angelegte Platte nur 3 Colonien.

Entnahme nach 9 Std.: Temp. = 37,2. Sehr trübes Exsudat mit ganz denselben Verhältnissen wie vorher. Platte = 20 Colonien.

Entnahme nach 10 Std.: Temp. = 37,8. Das Thier ist krank. Exsudat dicht trüb. Leukocyten in der gleichen Menge wie vorher, aber höchstens die Hälfte derselben trägt noch Pseudopodien, die übrigen sind rund, theils von normalem Aussehen, theils mit bereits sichtbarem Kern. Eine ganze Anzahl, etwa in jedem 2. Gesichtsfelde ein Leukocyt, sind vollkommen blasig degenerirt. Im Protoplasma der Zellen die erwähnten Granula oft vorhanden. Staphylococcen sind bereits mikroskopisch nachzuweisen. Die Platte lässt 27 Colonien heranwachsen.

Entnahme nach 11 Std: Temp. = 35,6. Thier schwer krank. Die makroskopische Beschaffenheit des Exsudates ist wie früher, nur kann man in der trüben Flüssigkeit einige Flöckchen wahrnehmen. Die Zahl der Leukocyten ist mindestens um die Hälfte gesunken; etwa der fünfte Theil derselben ist complet blasig, die übrigen sind in Degeneration begriffen, doch finden sich auch noch Pseudopodien führende Zellen. Staphylococcen lassen sich mikroskopisch leicht auffinden. Die Platte liefert 81 Colonien. Das Thier stirbt nach etwa 13 Std.

In der rechten Brusthöhle finden sich etwa 4 ccm eines sehr trüben Exsudates mit einer Anzahl von Leukocyten, welche sicher noch viel geringer ist als bei der letzten Entnahme. Sie sind alle degenerirt. Reichliche Fibrinflocken auf der Brustwand, der Lunge und dem Herzbeutel. Links etwa $2^1/_2$ ccm eines weinfarbenen, mässig trüben Exsudates, welches nur vereinzelte rothe uud weisse Blutkörperchen, letztere meist im degenerirten Zustande enthält. Die Serosen sind glatt und glänzend. Blut im Herzen locker geronnen. Eine Anzahl der stark verminderten Blutleukocyten zeigt blasige Degeneration.

Alle Organe unverändert. Die Staphylococcenvertheilung im Körper ist folgende:

Rechtsseitiges Exsudat	= ∞	Colonien
Linksseitiges »	= 81	»
Herzblut	= 17	»
Leber	= 2	»
Milz	= 0	»

Der Unterschied im Verhalten dieses Thieres gegen die früheren ist ein sehr auffallender. Der wichtigste Punkt dabei ist das sehr starke Anwachsen der in die Pleurahöhle aus-

gewanderten Leukocyten und das sehr späte Auftreten von Degenerationserscheinungen an denselben, welche erst 10 Stunden nach der Infection deutlich hervortreten.

Ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet man, wenn man die einfache tödtliche Dosis eines weniger virulenten Staphylococcus injicirt, nur dass die Degeneration an den Zellen früher auftritt. Ein derartiger Versuch sei kurz angeführt.

6. Weissgelbes Weibchen, 920 g, erhält 2 Oesen eines wenig virulenten Staphylococcus (die einfach tödtliche Dosis) intrapleural.

Die nach 1 und 2 Std. entnommenen Exsudatproben zeigen nur wenige Leukocyten mit vielfachen Degenerationszeichen. Nach 3 Std. treten sie auf einmal in grosser Menge auf und sind durchgehends normal; sie nehmen nach 4, 5 und 7 Std. noch mehr zu, doch steigt auch die Zahl der Degenerationsformen immer mehr an, bis nach 9 Std. eine Verminderung eintritt und fast alle vorhandenen Leukocyten völlig blasig geworden sind. Nach 10 Std. sind in dem Exsudate des verendeten Thieres nur relativ wenige degenerirte Zellen aufzufinden. Es sei auch erwähnt, dass die Zahl der Staphylococcen in diesem Exsudate auffallend gering war, indem die mit einer Oese angelegte Gelatineplatte nur 850 Colonien lieferte.

Noch stärker wird die Ansammlung von farblosen Blutkörperchen in der Brusthöhle, sobald man die nicht mehr tödtliche Staphylococcendosis anwendet.

7. Weisses Weibchen, 960 g, erhält 1/5 Oese desselben Staphylococcus wie Nr. 6.

Die Entnahme nach 1 Std. lieferte nur wenige Leukocyten von normalem Aussehen, nach 2, 4, 6, 8 Std. steigt ihre Menge immer mehr an, ohne dass es dabei zu besonderen Degenerationserscheinungen kommt. Die mit je einer Oese angelegten Platten ergeben aus der Injectionsflüssigkeit: 12 247, aus dem Exsudat nach 2 Std. 12, nach 4 Std. 11, nach 6 Std. 86, nach 8 Std. 1 Colonieen. Nach 24 Std. finden sich Leukocyten in gewaltigen Mengen, wie wenn Aleuronat injicirt worden wäre, von degenerirten Formen ist keine Spur aufzufinden, Staphylococcen in keiner Weise mehr zu constatiren. Das Thier bleibt am Leben.

Der beim 7. Kaninchen verwendete Staphylococcus war wenig virulent. Impft man intrapleural mit der äquivalenten, also der nicht mehr tödtlichen Dosis eines hochvirulenten Coccus, so bietet sich ein Bild, welches vollkommen mit dem beschriebenen übereinstimmt.

8. Grauweisses Männchen, 1040 g, erhält 1/80 Oese virulenten Staphylococcus intrapleural. Nach 1 Std. finden sich im Präparate des Exsudat-

tröpfchens nur 4 normale Leukocyten, nach 2 Std. steigt ihre Anzahl etwas an, nimmt nach 3, 4, 6, 8, 10 Std. derart zu, dass schliesslich immer 30 und mehr Leukocyten im Gesichtsfelde der Immersionslinse auftreten, wobei nur selten einmal eine degenerirte farblose Blutzelle aufzufinden ist. Nach 24 Std. enthält das trübe Exsudat ausschliesslich normale Leukocyten in gewaltiger Menge.

Das Thier bleibt am Leben.

Die Uebereinstimmung der Veränderungen, die ein virulenter und ein wenig virulenter Staphylococcus in der Kaninchenpleura hervorrufen, bleibt erhalten, auch wenn man die vielfach tödtliche Dosis injicirt.

9. Schwarzes Weibchen, 1200 g, erhält eine ganze Agarcultur eines wenig virulenten Staphylococcus intrapleural.

Nach 1 Std. fand sich in dem klaren, entnommenen Tröpfchen nur ein Leukocyt von übrigens normalem Aussehen. Nach 2 Std. treten farblose Blutkörperchen in reichlicherer, aber immer noch geringer Menge auf, wobei bereits die meisten blasig sind, nach 3 und 4 Std. ist ihre Zahl eher geringer geworden und alle vorhandenen sind degenerirt. Nach 6 Std. bereits stirbt das Thier, eben als die Temperatur gemessen war und es, behufs der Exsudatentnahme, auf die Seite gelegt werden sollte, unter einigen krampfhaften Streckungen des Körpers.

Stellt man die Ergebnisse bei Anwendung verschieden virulenter Coccen vergleichend zusammen, so erhält man die Tabellen auf S. 167, 168, 169 und 170.

Inficirt man also Kaninchen mit ungefähr aequivalenten Mengen eines hoch und eines wenig virulenten Staphylococcus, so besteht in dem Verhalten der Leukocyten kein durchgreifender Unterschied. In beiden Fällen besteht, sowohl in der Zahl der auftretenden farblosen Blutkörperchen, als auch in den Degenerationserscheinungen Uebereinstimmung.

Eine Differenz zeigt sich aber in der Anzahl der Coccen, die sich im Exsudate des der Infection erlegenen Thieres finden; dieselbe ist nämlich bei den mit wenig virulenten Staphylococcen geimpften Kaninchen eine auffallend niedrige.

Noch einige Worte bezüglich des Vorhandenseins von Coccen in den Zellleibern.

In jedem Falle konnte bei sorgfältigem Suchen eine oder die andere Zelle gefunden werden, die in ihrem Protoplasma

einen oder mehrere Coccen einschloss. Jedoch war diese Erscheinung, soweit sie gut färbbare und erkenntliche Staphylococcen betraf, eine relativ recht seltene.

Hingegen waren im Zellprotoplasma oft sehr kleine, unregelmässige, mit alkalischem Methylenblau intensiv gefärbte Körnchen wahrzunehmen, wie sie van de Velde[1]) als Reste abgestorbener Staphylococcen abbildet. Derartige Granula, als die Ueberbleibsel von intracellulär zu Grunde gegangenen, wurden vielfach beschrieben; es sei hier nur Pane[2]) erwähnt, der eine Abbildung der »Bakterien granula«, bei der Pneumococceninfection gibt, welche mit den hier beobachteten die grösste Aehnlichkeit zeigen.

Mit dieser Anschauung würde der Befund übereinstimmen, dass diese Körnchen am öftesten in jenen Fällen auftraten, wo die geringe Virulenz des benutzten Staphylococcus zunächst eine starke Leukocytenansammlung in der Brusthöhle hervorrief. Dazu kommt noch, dass amphophile Granulationen, die differentialdiagnostisch hier hauptsächlich in Betracht kommen, in den Leukocyten der Kaninchenpleura bei Aleuronatinjection kein häufiger Befund sind.

Dass sich aber nicht um intracellulär selbst zu Grunde gerichtete Coccen handelt, sondern, dass aller Wahrscheinlichkeit nach, erst die extracellulär abgestorbenen, nachträglich von den Zellen aufgenommen wurden, darauf weist das Missverhältnis zwischen der Anzahl von Leukocyten hin, welche mit den erwähnten Körnchen besetzt sind und den so viel seltener vorkommenden, in deren Innern man noch Coccen erkennen kann.

---

1) v. d. Velde, La Cellule, X, 2. Fasc.

2) Pane N., Zur Genese der mittels Methylenblau färbbaren Zellgranulationen bei der Pneumonie und bei der Milzbrandinfection der Kaninchen. Centralblatt f. Bacteriologie, XVII, S. 789.

(Fortsetzung des Textes auf Seite 171.)

Tabelle I.

		Mehrfach tödtliche Dosis eines					
		a) hochvirulenten Staphylococcus			b) wenig virulenten Staphylococcus		
Gewicht und Geschlecht des Versuchsthieres			Weibchen, 1050 g		Weibchen, 1200 g		
Dosis des injicirten Staphylococcus			1 Oese { pro Oese Injectionsflüssigk. = ∞ Staph.		1 ganze Agarcultur { pro Oese Injectionsflüssigkeit = ∞ Staphylococcus		
		Zahl der Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.	Zahl d. Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.
Entnahme des Exsudates	Nach 1 h	Sehr gering	Normale Leukocyten	232	Aeusserst gering	Normal	98
	Nach 2 h	Im Ganzen wurden etwa 20 Exemplare gefunden	Bis auf einen sind alle Leukocyten degenerirt	97	Etwa 60 Leukocyten	Die meisten völlig, die anderen zum Theil degenerirt	·1
	Nach 3 h	Etwa 5 mal so reichlich als vorher, also über 100	Bis auf 3 Zellen alle in Degeneration	120	Eher noch weniger als vorher	Fast durchaus degenerirt	1
	Nach 4 h	Wieder etwas gestiegen	Vollkommene Degeneration	840	Etwas mehr wie vorher	Vollkommene Degeneration	1
	Nach 5 h	Starke Abnahme	Vollkommene Degeneration	752	Keine Entnahme		
		Tod des Thieres nach 6 Std.			Tod des Thieres fast nach 6 Std.		
		Im Exsudate des verendeten Kaninchens spärliche, vollkommen entartete Leukocyten. Sehr zahlreiche Staphylococcen. Fibrin auf der Oberfläche der Lungen und des Herzbeutels. Zahl der Colonien mit einer Oese des Exsudates = ∞.			Im Exsudate des verendeten Kaninchens wenige, völlig degenerirte Leukocyten. Staphylococcen nur spärlich vorhanden. Einzelne Fibrinflocken auf der Lungenoberfläche und dem Herzbeutel. Zahl der Colonien mit einer Oese des Exsudates = 570.		

Tabelle II.

		Einfach tödtliche Dosis eines					
		a) hochvirulenten Staphylococcus			b) wenig virulenten Staphylococcus		
Gewicht und Geschlecht des Versuchsthieres			Weibchen, 1050 g		Weibchen, 920 g		
Dosis des injicirten Staphylococcus			$^1/_{60}$ Oese { pro Oese Injectionsflüssigkeit = 111 Staph.		2 Oesen { pro Oese Injectionsflüssigkeit = ∞ Staph.		
		Zahl der Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.	Zahl der Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.
Entnahme des Exsudates	Nach 1 h	Im ganzen Präparate neun	Einer degenerirt, die übrigen normal	0	Sehr wenige	Normal	0
	Nach 2 h	Nur sieben normale im gefärbten und ungefärbten Präparate zusammen	Normal	0	Wenige	Einige degenerirt	0
	Nach 3 h	Fast in jedem Gesichtsfelde ein Leukocyt	Alle bis auf einen normal	0	Ungemein zahlreich	Nur wenige zeigen Degenerationserscheinungen, die überaus grösste Mehrzahl ist normal	vorhanden
	Nach 4 h	Vielfach 2—3 Leukocyten im Gesichtsfelde	Normal	0	Wie vorher	Viele Degenerationszeichen, aber auch noch viele mit Pseudopodien versehen	0

Entnahme der Exsudates						
Nach 5 h	Keine Entnahme			Wie vorher	Viele völlig degenerirte Leukocyten, aber noch wohlerhalten, in beträchtlicher Zahl	0
Nach 7 h	Sehr starke Zunahme, bis 30 im Gesichtsfeld	Beginn d. Degeneration an zahlreichen Zellen, durch das Fehlen der Pseudopodienbildung charakterisirt	8	Wieder Zunahme	Etwa $^1/_4$ der vorhandenen ist normal, die übrigen mehr weniger degenerirt	Treten reichlicher auf
Nach 9 h	Wie vorher	Wie vorher	20	Abnahme in hohem Grade	Fast durchaus degenerirt	Häufig
Nach 10 h	Wie vorher	Etwa die Hälfte der vorhandenen Leukocyten ist degenerirt	27			
Nach 11 h	Zahl der Leukocyten wenigstens um die Hälfte gesunken	Grösstentheils in Degenerationsformen	81			
	Tod des Thieres nach 13 Std.			Tod des Thieres nach 10 Std.		

Links:

Im Exsudate des verendeten Thieres ist die Zahl der Leukocyten noch mehr gesunken. Alle sind völlig degenerirt. Staphylococcen zahlreich. Fibrin auf Lunge und Herzbeutel sehr reichlich.

Zahl der Colonien in einer Oese des Exsudates = ∞.

Rechts:

Im Exsudate des verendeten Thieres sind die Leukocyten gegen früher an Zahl vermindert und durchaus degenerirt. Staphylococcen auffallend wenige. Fibrin auf Lunge und Herzbeutel.

Zahl der Colonien in einer Oese des Exsudates = 850.

Tabelle III.

	Nicht mehr tödtliche Dosis eines					
	a) hochvirulenten Staphylococcus			b) wenig virulenten Staphylococcus		
Gewicht und Geschlecht des Versuchsthieres	Männchen, 1040 g			Weibchen, 960 g		
Dosis des injicirten Staphylococcus	1/88 Oese { pro Oese Injectionsflüssigkeit = 24 Staph.			1/5 Oese { pro Oese Injectionsflüssigkeit = 12 247 Staph.		
Entnahme des Exsudates	Zahl der Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.	Zahl der Leukocyten	Degenerationserscheinungen an denselben	Zahl der Staphyl.
Nach 1 h	Im ganzen Präparate 4 Leukocyten	Vollkommen normal	3	Spärlich vorhanden	Vollkommen normal	?
Nach 2 h	Enorme Vermehrung. 7—10 Leukocyten im Gesichtsfeld	Hie und da eine Degeneration, die überaus grösste Mehrzahl d. Leukocyten ist normal	0	1—2 Leukocyten in jedem Gesichtsfelde	Einige wenige zeigen Degeneration, sonst alle normal	12
Nach 4 h	Wie vorher	Durchgehends normal	0	8—10 Leukocyt. in jedem Gesichtsfelde	Durchaus normal	11
Nach 6 h	30 und mehr Leukocyten im Gesichtsfelde	Durchaus normal	0	Zahl der Leukocyt. im Gesichtsfelde noch weiter gestiegen	Hie und da ist der Kern eines Leukocyten schärfer zu sehen, sonst überall normale Verhältnisse	86
Nach 8 h	Ungefähr ebensoviel wie vorher	Normal	0	Wie vorher	Normal	1
Nach 24 h	Ungemein zahlreiche Leukocyten	Durchwegs norm. u. mit Pseudopodien verseh.	0	Ungemein zahlreiche Leukocyt.	Alle normal und mit Pseudopodien versehen	0

Die Thiere bleiben am Leben.

Es ergeben sich bezüglich des Verlaufes der intrapleuralen Staphylococceninfection beim Kaninchen folgende Schlusssätze:

1. Bei Anwendung vielfach tödtlicher Staphylococcendosen bleibt die Zahl der in die Brusthöhle einwandernden Leukocyten eine beschränkte.
2. Dabei treten, infolge der leukociden Wirkung des Staphylococcentoxins, sehr frühzeitig die Erscheinungen der »blasigen Degeneration« auf.
3. Die Einspritzung der einfach tödtlichen Staphylococcenmenge ruft zunächst eine starke Leukocyteneinwanderung hervor; gegen den Tod des Versuchsthieres hin sinkt die Menge der farblosen Blutkörperchen sehr stark.
4. Die »blasige Degeneration« tritt dabei in grösserem Umfange erst spät auf, macht aber dann so schnelle Fortschritte, dass im Exsudate des verendeten Thieres sämmtliche Leukocyten entartet sind.
5. Nicht mehr tödtliche Staphylococcenmengen erzeugen eine sehr starke, progressiv zunehmende Leukocytenansammlung in der Brusthöhle.
6. Blasige Degeneration ist dann nur spurenweise aufzufinden.
7. Die Menge der Staphylococcen sinkt eine Zeit lang nach der Injection stark ab, um später, wenn das Thier bereits krank ist, rasch wieder zuzunehmen.
8. Hochvirulente wie schwach virulente Staphylococcen verhalten sich in dieser ihrer Wirkung ganz gleich, wenn man von beiden aequivalente Mengen anwendet.

Die Rieselfelder der Stadt Freiburg i. B.

Chemische und bacteriologische Untersuchungen der Kanalflüssigkeit und der Drainwässer.

Von

Dr. **Otto Korn,**

Assistent am Intitut.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Freiburg i. B.)

(Mit drei Tafeln und einem Plan.)

Als eine der wichtigsten Fragen auf dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege muss ohne Zweifel die der zweckmässigen Entfernung und Unschädlichmachung der menschlichen Abfallstoffe angesehen werden, umsomehr als hier in früheren Zeiten nur allzuviel Fehler begangen wurden, und als es sich hier um eine Aufgabe handelt, die für das Allgemeinwohl und für die allgemeinen sanitären Verhältnisse von einschneidendster Bedeutung ist.

Wohl wurden zur Beseitigung der bei den verschiedenen Systemen zu Tage getretenen Missstände Maassnahmen der verschiedensten Art proponirt, ohne dass jedoch ein Verfahren ausfindig gemacht wurde, bei dem unter Vermeidung allzu hoher Betriebsunkosten die menschlichen Abfallstoffe unschädlich gemacht, bei dem zweitens die darin enthaltenen Dünger ökonomisch ausgenutzt und bei dem endlich alle in Frage kommenden sanitären Bedenken gegenstandslos wurden.

Was lag da näher als dem Vorgange der Natur folgend, den Erdboden zu dieser Reinigungsarbeit sich nutzbar zu machen, als die Ueberführung dieser Abfallstoffe vom thierischen in den pflanzlichen Kreislauf? So schritt man denn unter Einhaltung des physiologischen Weges zur Berieselung geeigneter Ländereien, zur Anlage von sogenannten Rieselfeldern. —

Obwohl in Bunzlau i. Schl. schon seit dem Jahre 1859 eine solche Berieselungsanlage bestand,[1]) — von einem Besucher der Anlage wird mir ihr jetziger Zustand allerdings als »polizeiwidrig« bezeichnet — so kann man doch behaupten, dass die Engländer hierin unsere Lehrmeister waren und dass sie bahnbrechend auf diesem Gebiete gewirkt haben.

Infolge der dichten Bevölkerung und der umfangreichen Industrie des Landes wurden die meisten englischen Städte schon frühzeitig mit Kanalisation versehen, und so machte man, gezwungen durch die englischen Gesetze gegen die Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe, zuerst in England in grösserem Maassstabe[2])[3]) den Versuch, durch Berieselung von Wiesen die Kanalwässer zu reinigen.

Abfuhrsysteme waren fast so gut wie ausgeschlossen, da das Wasserclosett schon allgemein im Gebrauche war, und da bei Wasserspülung eine Einleitung der Exkremente in Kanäle unumgänglich nöthig war.

Günstige Resultate bei der Berieselung ermunterten zu weiteren Rieselfeldanlagen, sowohl in England, als auch in Deutschland und Frankreich, in letzteren Ländern besonders infolge der günstigen Berichte, welche die eingesetzten und zum Studium entsandten Commissionen[4]) machten.

Ebenso günstig sprechen sich die verschiedenen Besucher der im Jahre 1872 angelegten Danziger Rieselfelder aus.[5])

---

1) Fischer, Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe, S. 178. — Fischer's Jahresberichte 1883, S. 1188.

2) River Pollution Commission: Reports of the commissioners, appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers.

3) River Pollution Prevention Act. 1876 Report of the Local Government Board by Dr. R. August Smith, 1882.

4) A. Bürkli-Ziegler und A. Hafter, Bericht über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen in England und Paris (Zürich 1875).

Fegebeutel, Die Kanalwasserbewässerung in England. (Danzig 1870.)

Mitgau, Bericht über Städtereinigung. Ferd. Fischer, Die menschlichen Abfallstoffe, S. 136.

Bourneville, L'utilisation agricole des eaux d'égout de Paris et l'assainissement de la Seine, Paris.

5) Bericht der städtischen Commission von Breslau über die Kanalisation der Stadt Danzig. (Juni 1874.) — Dünkelberg, Vierteljahresschr.

Auch die in Paris eingesetzte Commission[1]) kommt zu Resultaten, die für Erweiterung der bereits in Gennevilliers bestehenden Rieselfelder günstig sind.

In Russland waren es besonders die Versuche von Fadejeff,[2]) welche die Rieselfeldfrage in günstigem Sinne beeinflusst haben.

Natürlich fehlte es hier nicht an Gegnern und besonders war es anfangs Pasteur, der eine so tiefgreifende Einwirkung des Erdbodens bezweifelte und der das Berieselungsverfahren auch aus anderen Gründen für verfehlt hielt.

So z. B. sagte er in der Sitzung des Conseil d'hygiène et de salubrité de la Seine am 9. März 1888:[3])

»Die Hygiene hat die Aufgabe mit allen ihr zu Gebote stehenden Mitteln die Keime der infectiösen Krankheiten zu vernichten, oder ihre schlimmen Wirkungen zu verhüten. Aber was schlägt man vor?

Man schlägt nicht vor, sie in's Meer zu führen, wo sie nicht mehr schaden können, man beabsichtigt vielmehr, sie von Jahr zu Jahr in immer grösseren Mengen anzuhäufen auf den Feldern, welche unmittelbar vor den Thoren der grossen Stadt Paris liegen. Und diese Felder sollen bebaut werden!

Wenn man sie doch unbebaut liesse, dann würde man wenigstens nicht Gefahr laufen, die Krankheitskeime nach Paris zurückzubringen«.

Schon wesentlich anders lauten allerdings die Gutachten Pasteur's in der, unter dem Vorsitz von Bourneville eingesetzten Commission zur Assanirung der Seine, in denen er sich als »homme de laboratoire« bezeichnet, und den Ingenieuren die Verantwortung überlässt.

---

für öffentl. Gesundheitspflege, 1875, S. 39. — Lissauer, ebenda, 1875, S. 87. 1876, S. 569. — E. Reichardt, Arch. d. Pharm., 207, S. 530. — Die Rieselfeldanlagen in Danzig, Berlin und Paris. (Frankfurt a. M., 1879.)

Bericht der Münchener Commission über die Besichtigung der Kanalisations- und Berieselungsanlagen. (München 1879.)

1) Bourneville, L'utilisation etc.

2) Die Unschädlichmachung der städtischen Kloakenauswürfe durch den Erdboden von Otto Joseph Menzel. (Leipzig 1886.)

3) Cit. nach: Ferd. Fischer, Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung. (Berlin 1891), S. 278.

Ganz richtig bemerkt Pettenkofer, dass Pasteur's Ansicht »nur auf theoretisch-bacteriologischen Erwägungen und Möglichkeiten ruht, nicht aber auf epidemiologischen Thatsachen, welche seiner Ansicht ja geradezu widersprechen, denn der Gesundheitszustand der Tausende von Arbeitern auf den Rieselfeldern ist nicht nur in Gennevilliers, sondern auch in Berlin, Danzig und Breslau solchen Befürchtungen gegenüber ein »unverschämt« guter, und diese Befürchtungen vor den Rieselfeldern sind thatsächlich grundlos«.

Auch aus dem Bericht der Braunschweiger Commission,[1]) die im Jahre 1879 die Rieselfelder von Croydon, Leamington und Abingdon besuchte, geht hervor, dass der Gesundheitszustand der auf den Rieselfeldern beschäftigten Arbeiter nichts zu wünschen übrig lässt, dass verschiedene Villen und ein Waisenhaus direct an das Rieselfeld angrenzen, ohne Belästigung der Bewohner und dass in diesem Waisenhaus, obwohl es von 300 Kindern bewohnt wird, seit 3 Jahren kein Todesfall vorgekommen ist; derartige Beispiele liessen sich noch mehr anführen.

An Hand der gesammelten Erfahrungen machte man sich auch in Freiburg mit dem Gedanken einer Rieselfeldanlage vertraut, und glaubte sich hierzu umsomehr berechtigt, als ein grösserer Fluss zur Einleitung der Fäcalien fehlte, und als wohl selten alle in Frage kommenden Factoren in so günstiger Weise vereinigt waren, wie hier.

Geeignetes Gelände stand in genügender Grösse ohne allzu hohe Anschaffungskosten zur Verfügung, Gelände, auf das ohne Pumpwerke mit natürlichem Gefälle die Kanalwässer zu- und in die Dreisem abgeleitet werden konnten, Probebohrungen ergaben eine zweckentsprechende Beschaffenheit des Bodens und die Wasserversorgungsverhältnisse der Stadt sind ebenfalls sehr günstig zu nennen.

Zwar liess der Grundwasserstand des in Aussicht genommenen Geländes noch manches zu wünschen übrig, doch hoffte

1) Anm. 4, S. 6, Mitgau etc. Ferd. Fischer, Die menschlichen Abfallstoffe, S. 136.

man durch geeignete Drainage des Bodens diesem Uebelstande abhelfen zu können.

Nachdem sowohl eine Sachverständigencommission, als auch eine Commission von Autoritäten auf dem Gebiete des Rieselwesens, (Baurath Dr. J. Hobrecht, Berlin, Baurath Reinhardt u. A.) sich einstimmig für die Anlage von Rieselfeldern erklärten, erwarb man das westlich der Stadt gelegene Hofgut, den Mundenhof sowie das nothwendige Gelände und übertrug die Anlage und Ausführung derselben Herrn Baurath Lubberger, der nach Besichtigung der bedeutendsten Rieselanlagen im Verein mit Herrn Buhle, dem Vorstand des städt. Tiefbauamtes, ebenfalls warm für das Project eingetreten war.[1])

Noch erwähnen will ich, dass einige Jahre vorher als Privatunternehmen eine Poudrettirung der Fäcalien versucht wurde, wobei nach dem Verfahren von Hennebutte und Vauréal die Grubenstoffe durch Kalk und Metallsalze geschieden wurden; der dickere Theil wurde mittelst Pressen in Kuchenform gebracht, während die Flüssigkeit zum Theil auf Ammoniak und Ammoniumsalze verarbeitet wurden.[2]) Nach kurzer Zeit aber wurde der Betrieb eingestellt, da der pekuniäre Erfolg nicht den Erwartungen entsprach.

Es ist hier nicht der Platz über Technik der Anlage und Berieselung, sowie über die ökonomische Rentabilität Auskunft zu geben, vielmehr ist der Zweck der nachfolgenden Untersuchungen der, speciell für die Freiburger Rieselfelder nachzuweisen:

1. ob und in welchem Maasse hier eine Reinigung der Kanalflüssigkeit durch Berieselung bebauter Landflächen erzielt wird,

2. ob und inwieweit Verschiedenheiten infolge äusserer Einflüsse (Temperatur, Regenmenge, Wech-

---

1) Vortrag des Stadtraths der Stadt Freiburg an den Bürgerausschuss über den Ausbau der Kanalisation und die Anlage von Rieselfeldern zur Reinigung und Verwerthung der sämmtl. städt. Abwasser, 1889.

2) Eulenburg, Handbuch des öffentl. Gesundheitswesens, Bd. II, S. 873. Städtereinigung v. Alex. Müller.

sel der Jahreszeiten) bei diesem Reinigungsprocess in Frage kommen und endlich

3. ob und bis zu welchem Grade eine Wechselwirkung zwischen den in der Kanalflüssigkeit vorhandenen chemischen Substanzen und den gleichzeitig vorhandenen Bacteriengemengen stattfindet, bzw. ob dieses Verhältnis bei dem abfliessenden durch die Berieselung gereinigten Wasser (dem Drainwasser) ein anderes ist als in der Kanalflüssigkeit selbst.

Zur Beantwortung dieser Fragen war es nöthig, längere Zeit hindurch, wenn möglich in regelmässigen Intervallen, Wasserproben zu entnehmen, da zu erwarten war, dass die verschiedenartigsten Einflüsse, wie Bodenbeschaffenheit, Temperatur, Regenmenge, Art der Berieselung, Schnelligkeit der Filtration, Art der Bebauung, drainirter oder nicht drainirter Untergrund u. s. w. sich geltend machen würden. Auch wiesen schon Lubberger[1]) und Thomson[2]) darauf hin, zu wie irrigen Folgerungen man kommen könne, wenn man auf eine Analyse oder auf eine verkehrte Probeentnahme hin, sein Urtheil abgeben wolle; ebenso betonen Gruber[3]) und Mac. Weeney[4]) (Dublin) die Wichtigkeit periodischer Untersuchungen und Ausführung der Analysen durch die gleiche Person.

Da ich nun durch Untersuchungen der Kanalflüssigkeit zu dem Resultate kam, dass die Concentration derselben nach den einzelnen Tageszeiten ziemlich grossen Schwankungen unterworfen war, so entnahm ich, um etwaige Fehlerquellen zu vermeiden, an jedem Untersuchungstage zu verschiedenen Zeiten

---

1) Lubberger, Rieselfelderanlage der Stadt Freiburg im Breisgau. Gesundheits-Ingenieur, 1892. Nr. 20, 21, 22.

2) Thomson W., Bemerkungen über die Analysen von Abwässern und über die Methoden zur Bestimmung des Werthes concurrirender Verfahren zur Reinigung von Abwässern. Journ. chem. Soc. Ind. 1891, 330, Heft 6.

3) Gruber M., Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahresschr. für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 25, Heft 3.

4) Internationaler Congress für Hygiene und Demographie, London 1891. Münchener Med. Wochenschr., 1891, S. 730.

drei Proben, um 10 Uhr, 1 Uhr und 4 Uhr, und überdies an verschiedenen Entnahmetagen zu den verschiedensten, ausserhalb der üblichen Entnahmezeit liegenden Stunden noch besondere Proben, um etwaige Einwendungen, als seien die Proben immer gerade zu den Hauptentnahmestunden besonders rein oder unrein, zu entkräften. Ausserdem wurden die Entnahmen nie kurz nach der Berieselung ausgeführt, sondern erst am folgenden oder übernächsten Tage, nachdem die Berieselung begonnen hatte, zu einem Zeitpunkte also, wo ich sicher sein konnte, dass die Bodenfeuchtigkeit schon verdrängt, dass eine mehr oder weniger weitgehende Vermischung der in verschiedener Concentration zur Berieselung kommenden Kanalflüssigkeit im Boden schon stattgefunden hatte, und dass durch Austrocknen oder sonstige Umstände hervorgerufene Zwischenräume schon verstopft waren. Ich konnte auf diese Weise hoffen, gute Durchschnittsresultate zu erhalten und alle Fehlerquellen verstopft zu haben.

Zur Entnahme selbst begab ich mich auf die ca. 1 Stunde von der Stadt entfernten Rieselfelder und entnahm unter Leitung des Rieselmeisters regelmässig je zwei Proben, eine zur chemischen, und eine zur bacteriologischen Untersuchung, und zwar die letztere mit allen in Betracht kommenden bacteriologischen Kautelen; die bacteriologische Untersuchung der 10 Uhr-Probe geschah meistens schon 1½ Stunden nach der Entnahme, die Proben von 1 Uhr und 5 Uhr wurden, in vorschriftsmässiger Weise verpackt, mit dem Wagen nach dem Institut befördert, so dass ihre Untersuchung spätestens gegen 6 Uhr erfolgte.

Die chemische Untersuchung begann ich sofort am folgenden Tag, nicht ohne die Flaschen im Eiskeller aufbewahrt zu haben.

Als Zeit der Entnahme wählte ich gewöhnlich den Montag, war jedoch sehr oft gezwungen, an einem anderen Tage die Proben zu entnehmen, da ich mich nach dem Betriebe der Gutsverwaltung richten musste, und da ich bestrebt war, möglichst von allen Abteilungen (Gewannen) Drainwasser zu entnehmen, so musste ich die Proben manchmal einige Tage früher entnehmen

oder einige Tage warten bis das Gewann, das ich im Auge hatte, an der Reihe war, berieselt zu werden. Auf diese Weise ist es mir gelungen, von sämmtlichen Abtheilungen Drainwasserproben zu bekommen, abgesehen von Gewann I und X, von denen das erstere besonderer Umstände halber während der ganzen Untersuchungsperiode nicht berieselt wurde, während bei Gewann X eine genaue Probeentnahme nicht möglich war; doch dürfte dieser Umstand an dem Gesammtergebnis nichts ändern.

Als Anfangszeit wählte ich den August 1896 und führte die Untersuchungen ein Jahr lang fort, indem ich, wie schon erwähnt, jede Woche an einem Tage mindestens immer je 3 Proben entnahm.

Ausführung der bacteriologischen Untersuchungen.

In seinem Artikel[1]): »Die mikroskopische Plattenzählung und ihre specielle Anwendung auf die Zählung von Wasserplatten« hat Neisser darauf hingewiesen, von wie grosser Wichtigkeit eine gleichmässig durchgeführte Zählung ist, und wie gross die Fehler sein können, wenn die Wasserplatten zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedene Weise gezählt würden; bei meinen zahlreichen Untersuchungen konnte ich diese Beobachtungen nur bestätigen, und wählte deshalb während der wärmeren Jahreszeit immer den dritten, während des Winters immer den vierten Tag zur Zählung der Colonien, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die nach dieser Zeit noch erscheinenden Colonien keinen wesentlichen Einfluss auf das Gesammtresultat ausübten; sämmtliche Zählungen führte ich mit der Lupe aus. Von den einzelnen Wasserproben wurden immer je 4 Platten gegossen; vermuthete ich einen grossen Keimgehalt, dann wurde eine entsprechende Verdünnung des Drainwassers mit sterilem Wasser vorgenommen, in den meisten Fällen jedoch kam das Wasser unverdünnt zur Untersuchung.

1) Neisser, Die mikroskopische Plattenzählung und ihre specielle Anwendung auf die Zählung von Wasserplatten, Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten, 1895, Bd. XX, S. 119.

Besondere Aufmerksamkeit legte ich infolge der eingehenden Versuche von Reinsch[1]) auf den Alkalescenzgrad der zur Anwendung gelangten Gelatine, indem ich denselben so wählte, dass die Wachsthumsbedingungen für die Wasserbacterien die denkbar günstigsten waren; es erwies sich, wie Reinsch, Dahmen[2]), und Burri[3]) dies schon für Wässer verschiedenen Ursprunges angeben, ein Gehalt der Gelatine von 0,05 % wasserfreier Soda für die Entwickelung der Colonien als am vortheilhaftesten.

Wenn auch im Allgemeinen mit Recht der blossen Zählung der in einem Wasser vorhandenen Keime keine oder nur geringe Bedeutung beigelegt wird (Drossbach[4]), Migula[5]), Wolffhügel[6]), Bolton[7]) u. A.), so glaubte ich doch nicht, Abstand davon nehmen zu dürfen, da es sich in unserem Falle nicht nur um eine einfache bacteriologische Wasseruntersuchung handelt, sondern da es hier auch von grosser Wichtigkeit ist, die Abnahme der Bacterien im Drainwasser gegenüber denen in der Kanalflüssigkeit zu constatiren, und so die Leistungsfähigkeit unseres Bodens als Filter einer eingehenderen Untersuchung zu unterziehen. Und dass in diesem Falle schon die blosse Zählung der im Wasser vor und nach der Filtration vorhandenen

---

1) Reinsch, Zur bacteriologischen Untersuchung des Trinkwassers, Centralbl. für Bacteriologie, Bd. X, 1891, S. 415.

2) Dahmen, Max, Die bacteriologische Wasseruntersuchung. Chemiker Zeit., Bd. XVI, S. 861.

3) Burri Robert, Ueber einige zum Zwecke der Artcharakterisirung anzuwendende bacteriologische Untersuchungsmethoden nebst Beschreibung von zwei neuen aus Rheinwasser isolirten Bacterien. Archiv für Hygiene, Bd. XIX, 1893, S. 1.

4) Drossbach G. P., Methode der bacteriologischen Wasseruntersuchung. Chemiker Zeitg., Bd. XVII, S. 1483.

5) Migula, Die Artzahl der Bacterien bei der Beurtheilung des Trinkwassers. Centralblatt für Bacteriologie, Bd. VIII, 1890, S. 353.

6) Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bacterien im Wasser. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. I, 1886, S. 455.

7) Bolton Meade, Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. Zeitschr. für Hygiene, Bd. I, 1886, S. 76.

Keime grosse Dienste leistet, darauf haben schon Gruber[1]), Gärtner[2]), Kruse[3]) u. A. hingewiesen.

Neben der Bestimmung der Keimzahl legte ich besonderen Werth auf die Arten der vorhandenen Bacterien und vor Allem auf das Vorkommen von pathogenen Spaltpilzen und von Bacterium coli im Drainwasser. Auch hier gehen die Ansichten über den Werth der Artbestimmung noch weit auseinander.

Während Weigmann[4]), Migula, und Dahmen, die Bestimmung der Gattungen und Arten der im Trinkwasser vorkommenden Bacterien verlangen, hält Gärtner die Ermittelung von Fäulnis- oder Gährungsbacterien, auf deren Feststellung Schardinger[5]) seine Untersuchungen gründet, für nebensächlich und legt höchstens einigen Werth auf das Vorkommen von Bacterium coli. Noch weiter geht von Freudenreich[6]), der mehr auf die Menge, als auf das bloss spärliche Vorhandensein von Bacterium coli hält, da er sowohl, als auch Kruse, Abba[7]), Duclaux[8]), Guirand[9]), Refik[10])

1) Gruber M., Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl.Gesundheitspflege, Bd. XXV, Heft 3.

2) Gärtner Aug., Ueber Methoden, die Möglichkeit der Infection eines Wassers zu beurtheilen. Festschrift zur 100jähr. Stiftungsfeier des medicin.-chirurg. Friedrich-Wilhelm-Instituts.

3) Kruse W., Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschr. für Hygiene u. Infectionskrankheiten, Bd. XVII, 1894, S. 1.

4) Weigmann, Zur Untersuchung und Beurtheilung der Trinkwässer. Zeitschrift für Medizinalbeamte, Jahrg. I, 1888, S. 84.

5) Schardinger Fr., Beitrag zur hygienischen Beurtheilung des Trinkwassers. Centralbl für Bacteriol., Bd. XVI, 1894, S. 853.

6) von Freudenreich, Ueber den Nachweis des Bacillus coli communis im Wasser und dessen Bedeutung. Centralbl. f. Bacteriol., Bd. XVIII, 1895, S. 102.

7) Abba F., Sulla presenza del bacillus coli nelle acque potabili e sopra un metodo di metterlo in evidenza. La Riforma med., 1895, Nr. 176.

8) Duclaux, Moyens d'Examen des eaux potables. Annales de l'Institut Pasteur, Bd. VIII, 1894, S. 514.

9) Guirand, Les eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire. Revue d'hygiène et de police sanitaire, 1894, Nr. 11, S. 934.

10) Refik, Sur les divers types de Coli-Bacille des eaux. Annales de l'Institut Pasteur, Bd. X, 1896, S. 242.

Nicolle[1]), Burri[2]) den Colonbacillus häufig fast in jedem Wasser fanden.

Ich selbst habe wiederholt das hiesige Leitungswasser nach dem von v. Freudenreich angewandten Verfahren (Bouillon mit Zusatz von 5% Milchzucker bei 35° C.) sowohl, als auch nach den Methoden von Smith[3]), Abba[4]) und Burri untersucht, ohne auch nur ein einziges Mal einen positiven Befund gemacht zu haben. Auch bei den seit 10 Jahren regelmässig vorgenommenen bacteriologischen Untersuchung der städtischen Trinkwässer wurde nie der Colonbacillus gefunden, so dass mit Sicherheit behauptet werden kann, dass die in der Kanalflüssigkeit und in dem Drainwasser gefundenen Colonbacillen aus den Dejectionen stammen.

Wäre der Colonbacillus hier so ubiquitär, so könnte er Tils[5]) und Fülles[6]), von denen ersterer das Freiburger Wasser, letzterer den Boden in der Umgebung Freiburgs ein ganzes Jahr hindurch untersuchten, kaum entgangen sein. Das Gleiche wäre der Fall gewesen bei Welz[7]) bezüglich der Freiburger Luft; von sämmtlichen Untersuchern fand nur Tils während eines Jahres einmal den Bacillus putrificus coli in einer wenig gebrauchten Nebenleitung (Herdern), wobei aber die aussergewöhnliche Herkunft aufgeklärt ist.

1) Nicolle M., Nouveaux faits relatifs à l'impossibilité d'isoler, par les methodes actuelles, le bacille typhique en présence du Bacterium coli. Annales de l'Institut Pasteur, 1895, Nr. 1.

2) Burri R., Nachweis von Fäkalbacterien im Trinkwasser. Hygienische Rundschau, Jahrg. V, 1895, S. 49.

3) Smith, Ueber den Nachweis des Bacillus coli communis im Wasser. Centralbl. für Bacteriologie, Bd. XVIII, 1895, S. 494.

4) Abba F., Sulla presenza del bacillus coli nelle acque potabili e sopra un metodo di metterlo in evidenza. La Riforma med., 1895, Nr. 176. — Derselbe, Ueber ein Verfahren, den Bacillus coli communis schnell und sicher aus dem Wasser zu isoliren. Centralbl. f. Bacteriologie, Bd. XIX, 1896, S. 13.

5) Tils, Bacteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswässer. Zeitschrift für Hygiene, Bd. IX, 1890, S. 282.

6) Fülles, Bacteriologische Untersuchung des Bodens in der Umgebung von Freiburg. Zeitschrift für Hygiene, Bd. X, 1891, S. 225.

7) Welz, Bacteriologische Untersuchung der Luft in Freiburg i. B. und Umgebung. Zeitschrift f. Hygiene u. Infectionskrankh. Bd. XI, 1892, S. 121.

Ich glaube daher aus dem häufigeren oder wenig häufigem Vorkommen und aus der Zahl der gefundenen Colonbacillen mit Recht einen Schluss auf die Leistungsfähigkeit der Rieselfelder ziehen zu können.

Soweit das Bacterium coli nicht schon bei der gewöhnlichen Plattenkultur zu finden war, bediente ich mich hauptsächlich des Verfahrens von Abba und bezeichnete als Colonbacillen solche, die

1. beweglich waren,
2. Milch zur Gerinnung brachten,
3. kräftiges Gährvermögen besassen,
4. Indol bildeten und
5. nach Gram nicht färbbar waren.

Auch auf das Vorkommen von Typhusbacillen und Cholerakommabacillen richtete ich fortgesetzt mein Augenmerk, ohne jedoch, wie ich schon hier erwähnen will, ein positives Resultat erhalten zu haben.

Zur Prüfung auf Typhusbacillen wandte ich das beim Beginn der Untersuchungen vor nicht allzu langer Zeit veröffentlichte Verfahren von Elsner[1]) an, erhielt jedoch dabei keine so günstigen Resultate wie Elsner; vor Allem waren es die verflüssigenden, auf dem vorschriftsmässigen sauren Nährboden sehr rasch und üppig wachsenden Wasserbacterien, die einen sehr ungünstigen Einfluss auf die Verwerthung der Platte ausübten. Wenn die Beschaffenheit des Nährbodens auch im Allgemeinen eine sehr bedeutende Wachsthumshemmung für viele Arten von Wasserbacterien bedingt, so ist bei stark verunreinigtem Wasser die Zahl der auf dem Jodkalium-Kartoffelnährboden gedeihenden, und vor Allem die Zahl der verflüssigenden Bacterien noch viel zu gross, um mit Sicherheit Typhus- oder Colonkolonien isoliren zu können; durchschnittlich kamen 75 % der vorhandenen Bacterien nicht zur Entwickelung, allein unter den übrigen 25 % ganz gut wachsenden Spaltpilzen befanden sich noch so

1) Elsner, Untersuchungen über electives Wachsthum der Bacterium coli-Arten und des Typhusbacillus und dessen diagnostische Verwerthbarkeit. Zeitschrift für Hygiene u. Infectionskrankheiten, Bd. XXI, 1896, S. 25.

viele verflüssigende Colonien bildende, dass die Platten öfter schon nach 48 Stunden abflossen, zu einem Zeitpunkte also, zu dem die Colonien des Typhusbacillus erst sichtbar werden.

Bessere Resultate bei der Untersuchung des Drainwassers erhielt ich bei höherem Gelatinegehalt des Nährbodens (12 %) und bei Zusatz der von Dunbar[1]) und Holz[2]) empfohlenen Carbolsäuremenge (1/10 ccm 5% Phenollösung zu 10 ccm Gelatine d. h. 0,05 %), obwohl das Verfahren auch so noch weit davon entfernt ist, ideal genannt werden zu können.

Ein weiterer Nachtheil des Elsner'schen Verfahrens ist der, dass immer nur relativ geringe Mengen Wasser zur Untersuchung gelangen können, und dass auf diese Weise ein Wasser, das nur in geringem Grade verunreinigt ist, leicht negative Resultate gibt.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass bei Untersuchungen von Typhus- und Bacterium coli-Reinculturen die Elsner'sche Methode in differenzial-diagnostischer Hinsicht ganz vorzügliche Resultate gab, und dass ich sie bei Untersuchungen von typhusverdächtigen Fäces mehrfach mit Erfolg anwandte.

Viel erfolgreicher schienen mir anfangs die Verfahren zur Auffindung des Typhusbacillus im Wasser, bei denen einmal grössere Mengen Wasser zur Anwendung gelangten und bei denen, ähnlich dem Verfahren von Schottelius[3]) bei Cholerabacillen, eine Vermehrung der Typhusbacillen vor der eigentlichen Untersuchung stattgefunden hat.

Die zu diesem Zwecke, theils mit, theils ohne Zusatz von für andere Spaltpilze entwickelungshemmenden Stoffen angewandten Verfahren sind so zahlreich, dass es zu weit führen würde, das Für und Wider jeder einzelnen Methode zu erörtern; es ist dies um so weniger angezeigt, als eine ausführliche Be-

1) Dunbar, Untersuchungen über den Typhusbacillus und den Bacillus coli communis. Zeitschrift für Hygiene u. Infectionskrankheiten, Bd. XII. 1892, S. 485.

2) Holz, Experimentelle Untersuchungen über den Nachweis der Typhusbacillen. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VIII, 1890, S. 143.

3) Schottelius, Zum mikroskopischen Nachweis von Cholerabacillen in Dejectionen. Deutsche Med. Wochenschr., XI. Jahrg., 1885, S. 213.

sprechung sämmtlicher Methoden in der Arbeit von Lösener[1]) stattgefunden hat, und als ich mit Lösener infolge meiner zahlreichen Untersuchungen vollständig übereinstimme, wenn er sagt, dass er von allen Methoden nur die der Carbolsäuregelatine mit Vortheil angewendet hat, und dass in Berücksichtigung des Umstandes, dass immer nur geringe Mengen Material zur Aussaat gelangen können, dieser Nachtheil dadurch aufgehoben werden kann, wenn man möglichst viele Platten von ein und demselben Wasser giesst.

Endlich fielen auch zwei Versuche nach Ströll[2]), bei denen ein Spitzbeutel aus Gaze zur Verwendung kam, auf dessen Grund ein Glaswollebausch angebracht war, negativ aus, obwohl das Drainwasser 4 Stunden lang hindurchfiltrirte.

Pathogene Mikroorganismen konnten also, wie schon erwähnt, während der ganzen Untersuchungsperiode nicht nachgewiesen werden.

Von vornherein war zu erwarten, dass die in dem Drainwasser vorhandenen Mikroorganismen den verschiedensten Gattungen angehörten, da ja dasselbe von seinem Ursprung bis zu seinem Abfluss die reichste Gelegenheit hatte, Keime aus der Luft, den Fäces, dem Boden u. s. w. aufzunehmen. Da schon zahlreiche eingehende Arbeiten über die Morphologie und Biologie der in Frage kommenden Bacterien bestehen (Tils, Tülles, Welz, Lustig,[3]) Eisenberg,[4]) Tataroff,[5]) Lehmann[6]) u. A.) so

1) Lösener, Ueber das Vorkommen von Bacterien mit den Eigenschaften der Typhusbacillen in unserer Umgebung ohne nachweisbare Beziehungen zu Typhuserkrankungen nebst Beiträgen zur bacteriologischen Diagnose des Typhusbacillus. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. XI, 1895, S. 207.

2) Ströll, Ueber den Nachweis des Typhusbacillus im fliessenden Wasser. Münchener Med. Wochenschrift, XXXIX. Jahrg., 1892, S. 473.

3) Lustig, Diagnostik der Bacterien des Wassers. Jena, Verlag von Fischer, 1893.

4) Eisenberg, Bacteriologische Diagnostik. Hamburg und Leipzig. Verlag v. Voss, 1891.

5) Tataroff, Die Dorpater Wasserbacterien. Inaugural-Dissertation. Dorpat, 1891.

6) Lehmann und Neumann, Bacteriologie und bacteriologische Diagnostik. München, Verlag von Lehmann, 1896.

begnügte ich mich damit, die mit Hilfe der obigen Werke diagnosticirten, aus dem Drainwasser isolirten Spaltpilzarten nur mit Namen aufzuführen. Es gelang mir, im Ganzen 32 verschiedene Mikroorganismen zu isoliren, deren Namen ich folgen lasse:

1. Micrococcus cereus albus (Passet).
2. » candidus (Cohn).
3. » ureae (Flügge).
4. » candicans (Flügge).
5. » roseus (Bumm).
6. » agilis (Ali-Cohen).
7. Sarcina lutea (Flügge).
8. » aurantiaca (Flügge).
9. Bacillus fluoresc. liquef. (Flügge).
10. » janthinus (Zopf).
11. Wurzelbacillus.
12. Bacillus prodigiosus (Ehrenberg).
13. » cuticularis (Tils).
14. » aquatilis communis (Flügge).
15. » subtilis (Cohn).
16. » aquatilis radiatus (Flügge).
17. » carneus (Tils).
18. » fluoresc. non liquefac.
19. » superficialis (Jordan).
20. » vulgatus (Flügge).
21. » filiformis (Tils).
22. » megatherium (De Bary).
23. Bacterium coli.
24. » vulgare (Hauser).
25. Bacillus mesentericus (Flügge).
26. » nubilis (Frankland).
27. » pyocyaneus (Flügge).
28. » vermicularis (Frankland).
29. » ureae (Leube).
30. » fluoresc. putridus (Flügge).
31. » albus (Eisenberg).
32. Oospora chromogenes (Lehmann & Neumann).

Es sind dies diejenigen Spaltpilzarten, welche häufiger im Drainwasser vorkamen und ein intensiveres Suchen hätte gewiss noch manch anderen Spaltpilz zu Tage gefördert.

Ausführung der chemischen Untersuchungen.

Bei der Vorprüfung wurde die Farbe und Klarheit des Wassers in 20 cm hoher Flüssigkeitsschicht bestimmt, desgleichen wurde der Geruch in kaltem wie in erwärmtem Zustande geprüft.

Wenn ich in meiner tabellarischen Uebersicht die Wasser fast durchweg als geruchlos bezeichnete, so ist dies insofern zu modificiren, als sie wohl immer einen etwas erdigmoderigen Geruch besassen, nicht aber einen Fäkalgeruch.

Die quantitative chemische Analyse wurde nach dem im folgenden angedeuteten Verfahren ausgeführt:

1. Die Bestimmung des Gesammtrückstandes erfolgte durch Eindampfen von 200 ccm Wasser und zweistündiges Trocknen bei 110°.

2. Die Bestimmung des Glührückstandes geschah durch Glühen des Gesammtrückstandes, Befeuchten der Asche mit Ammoniumcarbonat, Trocknen und schwaches Glühen bis zum Weisswerden.

3. Die Bestimmung der organischen Substanzen d. h. der zur Oxydation der organischen Substanzen erforderlichen Menge Kaliumpermanganat erfolgte nach Kubel, indem zu 100 ccm Wasser 5 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 + 2) gesetzt wurden. Nach Zusatz der erforderlichen Menge $^1/_{100}$ N.-Kaliumpermanganatlösung und nach zehn Minuten langem Kochen folgte die Titration mit $^1/_{100}$ N.-Oxalsäurelösung in der vorgeschriebenen Weise.

4. Die Salpetersäure wurde nach Marx-Trommsdorff [1] [2] bestimmt durch Titration mittels genau eingestellter Indigolösung

---

1) Marx, Bestimmung der Salpetersäure in Brunnenwassern. Zeitschr. für analyt. Chemie, Bd. VII, 1868, S. 412. — Trommsdorff, Nachträge zu den Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. IX, 1870, S. 171.

2) Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Braunschweig, Verlag von Vieweg & Sohn, 1895, S. 173.

in einem Sechstel der von den organischen Stoffen befreiten zu 150 ccm mit destillirtem Wasser ausgefüllten Flüssigkeit, herrührend von der Bestimmung der organischen Substanzen. Es ist zwar diese Methode nicht am genauesten von den bekannten Verfahren, doch erachtete ich sie als ausreichend für meine Zwecke, da immerhin noch genaue Resultate damit erzielt werden, selbst bei Anwesenheit geringer Mengen von organischen Substanzen. (Spiegel).[1])

5. Die Bestimmung der salpetrigen Säure führte ich, soweit es sich um quantitative Bestimmungen handelte, bei Mengen von über 0,1—0,2 mg salpetriger Säure in 100 ccm Wasser nach der Methode von Feldhaus[2])-Kubel[3]) aus, durch Oxydation der salpetrigen Säure zu Salpetersäure in 100 ccm Wasser mittels $^1/_{100}$ N.-Chamäleonlösung im Ueberschuss. Nach Zusatz von 5 ccm verdünnter Schwefelsäure wurde die überschüssige Kaliumpermanganatlösung durch eine damit titrirte Eisenammonsulfatlösung zersetzt und von ersterer nochmals bis zur schwachen Röthung hinzugefügt. Die Temperatur wurde in Grenzen von 15—22 C. gehalten und die Titration möglichst schnell ausgeführt, um eine Veränderung der Resultate, herbeigeführt durch die Oxydation der gleichzeitig vorhandenen organischen Substanzen, zu verhindern.[4]) Bei geringeren Mengen kam die colorimetrische Methode von Trommsdorff[5]) in Anwendung. In beiden Fällen erfolgte eine Umrechnung bezüglich

---

1) Spiegel, Ueber die Bestimmung der Salpetersäure im Trinkwasser. Zeitschr. für Hygiene, Bd. II, 1887, S. 163.

2) Feldhaus, Ueber die quantitative Bestimmung der salpetrigen Säure und der Untersalpetersäure durch übermangansaures Kali. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. I, 1862, S. 426.

3) Kubel, Zur Bestimmung der salpetrigen Säure durch übermangansaures Kali. Journal für prakt. Chemie, Bd. 102 (a. F.), 1867, S. 229.

4) Tiemann-Gärtner, S. 204.

5) Trommsdorff, Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. VIII, 1869, S. 358. — Nachträge zu den Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. IX, 1870, S. 168.

der durch Titration mit Indigolösung erhaltenen Salpetersäuremenge. War die vorhandene salpetrige Säure nur sehr klein, handelte es sich also nur um qualitative Bestimmungen, so erfolgte der Nachweis mittels verdünnter Schwefelsäure und Jodzinkstärkelösung; durch einen Vorversuch überzeugte ich mich von der Abwesenheit von Eisensalzen. [1])

6. Die Schwefelsäure wurde qualitativ mittels Chlorbaryum nach Ansäuern mit Salzsäure nachgewiesen.

7. Das Chlor bestimmte ich in 100 ccm Wasser (eventuell nach Eindampfen einer grösseren Menge) nach der Methode von Mohr [2]) mittels $^1/_{10}$ N Silbernitratlösung nach Zufügen von vier Tropfen neutralem, chlorfreiem Kaliumchromat

8. Die Bestimmung des Ammoniaks führte ich nach der Methode von Frankland und Armstrong aus mittels Nessler's Reagens, bei grösserem Ammoniakgehalt nach entsprechender Verdünnung mit destillirtem Wasser.

9. Nach der Clark'schen Methode [3]) wurde die Bestimmung der Gesammthärte ausgeführt durch Titration mit eingestellter Seifelösung. Die Bestimmungen der Phosphorsäure und des Kaliums erfolgte weniger zur Ermittelung des stattgefundenen Reinigungsprocesses, als zur Verwerthung bei der Beurtheilung der ökonomischen Ausnützung der Kanalflüssigkeit. Die Prüfung war deshalb, soweit es sich nicht um grössere Mengen handelte, nur eine qualitative; erfolgte eine quantitative Bestimmung, so wurde sie bei Phosphorsäure ausgeführt durch Titriren der essigsauren Auflösung des Ammonium-Magnesiumphosphatniederschlages mittels Uranylacetat.

Das Kalium wurde als Kaliumplatinchlorid zur Wägung gebracht.

---

1) Aeby, C., Ueber die Verunreinigung der Grundwasser. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. XII, 1873, S. 378.

2) Tiemann-Gärtner, S. 143.

3) Clark, Repertory of Patent Inventions for 1841. A new Process for purifying the waters supplied to the metropolis, by Th. Clark; on the examination of water for towns for its hardness etc., by Th. Clark, 1847. Jahresberichte für Chemie, 1850, S. 608.

Nachstehend lasse ich die Ergebnisse der chemischen und bacteriologischen Untersuchungen des Drainwassers folgen, mit dem Bemerken, dass die mit einem Stern versehenen Analysen von Proben stammen, die zu anderen als den durchweg eingehaltenen Stunden 10 Uhr, 1 Uhr und 4 Uhr entnommen wurden.

(Tabelle I, II und III siehe Beilagen I, II und III.)

Verfolgen wir die Werthe in der in der Tabelle wiedergegebenen Reihenfolge, so sehen wir zunächst an den Temperaturen mit denen das Wasser den Erdboden verlässt, dass die Befürchtungen, welche man in der ersten Zeit des Berieselungsverfahrens hegte, wegen Gefrierung des Erdbodens und der damit verbundenen unzulänglichen Filtration für unsere Rieselfelder wenigstens unbegründet sind; denn selbst an den kältesten Tagen kommt die unterirdisch bis auf das Rieselfeld geleitete Kanalflüssigkeit mit einer Temperatur von 3—4° C. dort an und verlässt, wie aus der Tabelle hervorgeht, den Boden mit Temperaturen von 2—6° C. Im Hochsommer steigern sich die Temperaturen des Drainwassers bis zu 19° C., während im Durchschnitt in den Perioden der kühleren Jahreszeit das Wasser mit 10—13° C. Wärme den Boden verlässt. In Wirklichkeit ist auch die Rieselgutsverwaltung wegen Unterbringung der Kanalflüssigkeit in den kältesten Wintern z. B. im Jahre 1892/93 nicht in Verlegenheit gekommen.

Die Schwankungen in chemischer Beziehung der an einem Tage alle drei Stunden entnommenen Proben sind in der Mehrzahl der Fälle nicht gross, so dass sich meine Erwartungen, gute Durchschnittsproben zu erhalten, erfüllten; jedenfalls trug hierzu auch der Umstand bei, dass ich die Proben meistens erst an dem der Berieselung folgenden Tage entnahm, nachdem eine Mischung der in verschiedener Concentration auf das Feld gelangenden Kanalflüssigkeit im Boden sich schon vollzogen hatte.

Der Geruch der Drainwässer war, wie schon erwähnt, ein schwach erdigmodriger und machte sich besonders geltend beim

Oeffnen einer längere Zeit verschlossen gestandenen Flasche oder beim Erwärmen, keineswegs aber besassen sie mehr den Fäkalgeruch der Jauche.

In sehr vielen Fällen waren die Drainwässer nicht vollkommen klar, sondern mehr oder weniger opalisirend; oft auch hatten sie einen geringen Bodensatz. In den meisten Fällen waren die Proben farblos, und nur wenn es sich um Gewanne mit Moorboden und Torfeinlagerungen oder um Boden in deren Nachbarschaft handelte, schwach gelblich gefärbt. (Analysen Nr. 55, 56, 57, 127, 128, 129 u. A.).

Sehr varirt der Gehalt der Drainwässer an gelösten Bestandtheilen, da der Gesammtrückstand schwankt von 4,85 bis zu 35,30 Theilen in 100000 Theilen Wasser. Die letzte abnorm hohe Zahl wurde ohne Zweifel durch die ausgelaugten, in dem gelblichen Drainwasser aufgelösten Humusbestandtheile des Torf- und Moorbodens hervorgerufen, während sich ein so geringer Rückstand wie 4,85 bis zu etwa 8 g gegenüber der Durchschnittszahl von 13—17 g — und zwar sowohl bei drainirtem wie bei nicht drainirtem Untergrund — nicht anders erklären lässt, als dass hier eine beträchtliche Verdünnung des Drainwassers mit Grundwasser stattgefunden hat. Hierfür sprechen auch die noch zu erwähnenden Werthe an Chlor und die gefundene Zahl der Bacterien. Dass die auf dem Rieselfeld oder in der Stadt am Entnahmetag und am Tage vorher gefallenen Regenmengen hierfür nicht die Gründe sein können, zeigt ein Vergleich der beiden Werthe: Auch an Tagen, wo weder auf dem Rieselfeld und noch in der Stadt atmosphärische Niederschläge erfolgten, können wir dieselbe Verdünnung des Drainwassers constatiren wie an regenreichen Tagen.

Trotzdem dürfte diesen Analysen nicht jeder Werth als Drainwasser-Analysen abgesprochen werden, da wir in ihnen einen Maassstab haben, um beurtheilen zu können, in welcher Zusammensetzung bei hohem Grundwasserstande das Drainwasser den Boden verlässt, und ob es auch beispielsweise unter diesen Verhältnissen einem öffentlichen Flusslauf einverleibt werden könnte.

Wenn sämmtliche Zahlen für Gesammtrückstand verhältnismässig niedere zu nennen sind gegenüber den bei Drainwässern anderer Städte erhaltenen Werten, so muss man in Betracht ziehen, dass das zur Spülung der Closette und in den Haushaltungen zur Verwendung kommende Wasser schon ohnedies sehr weich ist d. h. sehr wenig Rückstand gibt, und dass die Kanalflüssigkeit noch weiter verdünnt wird durch die atmosphärischen Niederschläge, die alle in die Kanalisation und somit auf das Rieselfeld geleitet werden.

Zum Vergleich lasse ich eine Analyse des Wassers der hiesigen Hauptleitung folgen:

Gesammtrückstand	6,30
Glührückstand	4,25
Organische Substanzen	0,101 $KMnO_4$
Salpetersäure	—
Salpetrige Säure	—
Chlor	ger. Spur
Ammoniak	—
Härte	1,50°
Schwefelsäure	Spur

in 100000 Theilen Wasser.

Was nun den Gehalt an organischen Stoffen d. h. die Menge Kaliumpermanganat anbetrifft, die zur Oxydation der organischen Stoffe erforderlich war, so müssen auch hier sehr beträchtliche Schwankungen constatirt werden, Schwankungen, die, soweit die geringere Menge in Betracht kommt, ebenfalls wieder auf die Grundwasserverhältnisse zurückzuführen sein dürften; denn betrachten wir z. B. die Analyse vom 18. November 1896, so haben wir es hier mit einem Wasser zu thun, das gegenüber der Mehrzahl der Analysen unmöglich unverdünntes Drainwasser sein kann und das so beschaffen ist, dass manche Gemeinde zu einem solchen Trinkwasser sich gratuliren könnte.

Der Gehalt an Salpetersäure und salpetriger Säure ist, abgesehen von einigen Ausnahmen, fast durchweg als gering zu bezeichnen (soweit diese beiden Substanzen überhaupt noch

nachweisbar waren), ein Beweis für die gute Ausnützung der Jauche durch die Gewächse. Ich hatte erwartet, dass hier bestimmte Verhältnisse sich offenbaren würden, dass vor allem die Art der Gewächse, die Bebauung oder Nichtbebauung sich bemerkbar machen würden durch grösseren oder geringeren Gehalt des Drainwassers an Salpetersäure, doch ist diese Erwartung nicht eingetroffen, vielmehr schwankt das Verhältnis ganz unbestimmt und lässt, vorläufig wenigstens, keinen Zusammenhang in dieser Beziehung bemerken.

Ebenso grossen Schwankungen ist der Chlorgehalt unterworfen, der von dem Chlorgehalt der Berliner Drainwässer oft um das Sechsfache überstiegen wird. Die Gründe, welche diese auffallende Thatsache erklären, werde ich später bei einem Vergleich zwischen der Kanalflüssigkeit und dem Drainwasser anführen.

Sehr gering ist der Gehalt unseres Drainwassers an Schwefelsäure gegenüber den anderwärts beobachteten Mengen; doch dürfte das zum Theil seinen Grund in der geringen Härte unseres Wassers haben.

Ammoniak ist, wenn überhaupt, immer nur in geringer Menge vorhanden, und auch die Härtebestimmungen bewegen sich in engen Grenzen.

Grossen Schwankungen ist der Gehalt an Phosphorsäure und Kalium unterworfen und fast nur bei den mit Grundwasser verdünnten Proben ist der Befund ein negativer. Am grössten sind die Werthe von Phosphorsäure und Kalium, wie auch von allen übrigen chemischen Substanzen bei frisch drainirtem Untergrund, wo offenbar eine Verstopfung der kleinsten Zwischenräume noch nicht stattgefunden hat.

Der Spaltpilzgehalt endlich zeigt so grosse Differenzen, wie wohl in Anbetracht der mannigfaltigen Verhältnisse zu erwarten war. Die geringste beobachtete Menge betrug 80 Keime, die höchste 488448 Keime in 1 ccm Drainwasser. Infolge dieser ausserordentlich grossen Schwankungen sind diese Zahlen wenig geeignet, mit den Spaltpilzbefunden von Drainwässern anderer Städte parallelisirt zu werden.

— —

Um nun einen Anhalt zur Beurtheilung unseres Bodens als Filter zu haben, musste ich wissen, wie gross der Bacteriengehalt der Kanalflüssigkeit, wie sie auf das Rieselfeld kommt, ist; ausserdem war zu erwarten, dass die chemische Zusammensetzung der Kanalflüssigkeit gegenüber der des Drainwassers interessante Aufschlüsse über die Vorgänge im Boden, über die Intensität der chemischen Umsetzungen in den verschiedenen Bodenarten und bei verschiedenem Grundwasserstand geben würde.

An dieser Stelle will ich kurz erwähnen, dass das hiesige Rieselfeld zu diesen Beobachtungen besonders geeignet ist, da sowohl der Grundwasserstand als auch die Bodenarten in den verschiedenen Gewannen stark variiren. So haben wir z. B. nach den Angaben des Herrn Baurath Lubberger, der den Probebohrungen beiwohnte, in den Gewannen I, II, III, IV, X, XI, XVII, XVIII, XIX und XX (siehe beil. Plan) trockenen Sand- und Kiesboden mit tiefliegendem Grundwasser, in den Gewannen V, VI und XXI Kies mit Letten und hochstehendem Grundwasser; in den Gewannen VII, VIII und XXII Kies mit Letten, oben stellenweise Moorboden und Torf und hochstehendes Grundwasser und endlich in den Gewannen IX, XII, XIII, XIV, XV und XVI wechselnd Kies mit mehr oder weniger Letten und hochstehendes Grundwasser.

Ueberdies ist die chemische Zusammensetzung der Kanalflüssigkeit von Bedeutung zur Feststellung der Quantität der auf das Feld gebrachten Düngerwerthe und zur Beurtheilung, bis zu welchem Grade deren Umsetzungsproducte von den Pflanzen resorbirt werden oder unresorbirt im Drainwasser wieder zum Vorschein kommen, also zur Beantwortung der für die praktische Landwirthschaft in Frage kommenden Punkte.

Zur Entnahme der Kanalflüssigkeit begab ich mich anfangs September 1896 an einem regenfreien Tage auf das Rieselfeld und schöpfte während 24 Stunden (beginnend 1 Uhr mittags bis 11 Uhr des folgenden Morgens) alle 2 Stunden je 2 Proben: eine zur bacteriologischen und eine zur chemischen Untersuchung; die Kanalflüssigkeit wurde in der Concentration entnommen, wie sie zur Berieselung kommt, nachdem also durch Passiren

der Absatzbecken die gröberen Verunreinigungen aus ihr entfernt waren.

Die bacteriologische Untersuchung der vorschriftsmässig verpackten Proben erfolgt jeweils so früh nach der Entnahme, dass eine Vermehrung der Keime ausgeschlossen werden konnte, und wurde wie die Untersuchung der Drainwässer vorgenommen, nur mit der Aenderung, dass sämmtliche Proben wegen ihres hohen Bacteriengehaltes sehr stark mit sterilem Wasser verdünnt werden mussten. Die Verdünnung erreichte ihre richtige Grenze, wenn in 999 ccm sterilen Wassers 1 ccm Kanalflüssigkeit gebracht wurde; auf diese Weise wurden die mit $^1/_{10}$ ccm der 1 : 1000 verdünnten Kanalflüssigkeit hergestellten Gelatineplatten nicht mehr zu dicht, um mit der Lupe untersucht werden zu können. Die Zählung der Colonien wurde nach 3 Tagen vorgenommen.

Von einer Bestimmung der einzelnen Spaltpilzarten in der Kanalflüssigkeit nahm ich Abstand, da es sich hier, neben den gewöhnlichen Wasserbacterien, doch nur um die zum grossen Theil noch unbekannten Darmbewohner handeln konnte, Bacterien, von denen viele in unseren bis jetzt gebräuchlichen Kulturmedien überhaupt nicht gedeihen. Auch war meine Zeit durch die umfangreiche chemische Untersuchung, die sofort nach der Entnahme vorgenommen werden musste, um Zersetzungen in vitro zu vermeiden, vollständig in Anspruch genommen; zudem konnte man aus einer einmaligen Artenbestimmung keine sicheren Schlüsse ziehen auf die in der Kanalflüssigkeit überhaupt vorkommenden Mikroorganismen.

Durch frühere Versuche, welche durch die hiesige städtische Untersuchungsanstalt ausgeführt wurden, hatte es sich herausgestellt, dass die Zusammensetzung der Spüljauche eine ziemlich constante ist, und dass nur Schwankungen auftreten bezüglich der Concentration, die verringert wird entweder durch starke atmosphärische Niederschläge oder durch einen gesteigerten Wasserverbrauch im Sommer; die Menge der auf das Feld gebrachten nicht organisirten Elemente aber ist ziemlich constant, was ja auch zu erwarten ist, da grössere, zur Verunreinigung

beitragende Fabriken hier nicht existiren und da die Lebensgewohnheiten der Bevölkerung sich in ziemlich engen Grenzen bewegen. Ich konnte mich deshalb mit einer einmaligen Untersuchung der Kanalflüssigkeit begnügen.

Die chemische Untersuchung der unfiltrirten Kanalflüssigkeit wurde mutatis mutandis wie bei den Analysen des Drainwassers ausgeführt. Auf gleiche Weise wurden bestimmt: der Gesammtrückstand, die organischen Substanzen (in 25 ccm Kanalflüssigkeit, verdünnt mit 75 ccm dest. Wasser), die Schwefelsäure, das Chlor (nach Filtration und Entfernung der organischen Substanzen[1]), die Härte, die Phosphorsäure und das Kalium.

Unter den für Ammoniak angeführten Werthen sind die Mengen des Gesammtstickstoffs verstanden, die nach dem Verfahren von Kjeldahl[2]) bestimmt wurden; von einer genauen Beschreibung des Verfahrens nehme ich Abstand und verweise nur auf die von Tiemann-Gärtner[3]) gegebene Vorschrift und auf die dabei befolgten Modificationen von Proskauer und Zülzer[4]) bezüglich des Zusatzes von verdünnter Schwefelsäure.

Salpetersäure konnte gar nicht, salpetrige Säure nur zweimal in Spuren nachgewiesen werden.

(Tabelle IV siehe Seite 198.)

Ein Blick auf die erhaltenen Zahlen für Gesammtrückstand sowohl, als auch für die anderen Werthe, wie organische Substanzen, Chlor u. s. w. zeigt uns, wie grossen Schwankungen die Concentration der Kanalflüssigkeit zu den einzelnen Tagesstunden unterworfen ist und zu wie falschen Resultaten eine einzelne und auch mehrere, nicht periodisch durchgeführte Probeentnahmen führen können. War die Farbe der Kanalflüssigkeit schwarz-

1) J. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin, Verlag v. Jul. Springer, 1893, S. 1181.

2) Kjeldahl, Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. XXII, 1883, S. 366.

3) Tiemann-Gärtner, etc., S. 270.

4) Proskauer und Zülzer, Ueber die Anwendbarkeit der Kjeldahlschen Methode und ihrer Modificationen bei hygienischen Untersuchungen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. VII, 1889, S. 216.

Tabelle IV.

Analysen der Kanalflüssigkeit.

In 100 000 Theilen des Einflusses sind enthalten:

Lfd. Nr.	Stunde u. Tag d. Entnahme	A. Phys. Beschaffenh.		B. Chemische Beschaffenheit												Anzahl der Keime in 1 ccm	Bemerkungen
		Geruch	Farbe und Klarheit	Reaction	Gesammtrückstand bei 110°	Glührückstand	Organische Substanz $KMnO_4$	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Schwefelsäure	Chlor	Ammoniak	Härte (Grade)	Phosphorsäure	Kali		
	4. 9. 96																
1	1 Uhr Mitt.	stink. faul	schwärzlich, stark Bodens.	neutral	45,55	16,55	20,623	—	—	ger. Spur	6,106	9,50	2,10	2,105	3,650	832 000	
2	3 Uhr Mitt.	stinkend	gelblich gef., stark. Bodens.	»	52,35	19,90	17,829	—	—	Spur.	5,680	10,27	1,95	2,030	3,721	1 632 000	
3	5 Uhr Mitt.	»	do.	»	38,75	16,80	20,756	—	—	Spur.	4,473	5,61	2,02	1,134	2,583	1 312 000	
4	7 Uhr Abd.	»	stark gelbl. sehr stark. B.	»	58,75	20,40	21,421	—	—	Spur.	4,934	10,26	2,25	1,818	3,012	1 024 000	
5	9 Uhr Abd.	»	gelblich gef., stark Bodens.	»	41,65	18,85	18,028	—	—	ger. Spur.	5,041	7,89	1,85	1,509	2,057	704 000	
6	11 Uhr Abd.	»	schwach gelb. zieml. Bod.	»	36,35	19,60	14,967	—	—	Spur.	5,964	5,20	1,95	1,212	1,100	800 000	
7	1 Uhr Nacht	»	do.	»	25,10	13,05	11,442	—	—	Spur.	3,550	3,52	1,47	1,130	1,050	288 000	
8	3 Uhr Nacht	kaum stink.	farblos, mäss. Bodensatz	»	13,90	8,95	3,060	—	sehr ger. Spuren	Spur.	1,562	3,10	1,47	0,981	1,313	200 000	
9	5 Uhr Morg.	»	do.	»	14,75	8,50	3,858	—	—	Spur.	1,100	3,10	1,40	0,990	0,970	121 600	
10	7 Uhr Morg.	»	do.	»	12,45	7,75	3,924	—	Spuren	ger. Spur.	1,491	2,95	1,70	0,989	0,500	300 800	
11	9 Uhr Morg.	stinkend	gelblich gef., stark. Bodens.	»	32,10	16,60	15,168	—	—	Spur.	5,041	7,83	1,72	2,014	1,210	460 800	
12	11 Uhr Morg.	»	do.	»	48,85	20,05	24,215	—	—	Spur.	6,141	10,80	2,05	2,213	3,251	1 040 000	

gelblich zwischen 1 und 3 Uhr mittags, so ging sie zur Zeit der grössten Verunreinigung (7 Uhr abends) in gelb über, um in den Nachtstunden, wo die Gelegenheit zur Verunreinigung nur gering ist, ganz farblos zu werden. Mit dem Gesammtrückstand steigt und fällt auch der Gehalt an organischen Substanzen, an Chlor, Ammoniak und an Mikroorganismen.

Auffallend ist der durchschnittliche geringe Chlorgehalt gegenüber dem der Kanalflüssigkeit anderer Städte (z. B. Breslau [1]) Berlin [2]), doch dürfte hierbei der enorme hiesige Wasserverbrauch keine unwesentliche Rolle spielen, umsomehr als auch die Mehrzahl der anderen Bestandtheile, wenn auch nicht in demselben Maasse wie das Chlor, so doch in erheblich geringerer Menge in der Kanalflüssigkeit enthalten sind; kommen doch hier in Freiburg, nach Messungen der Kanalflüssigkeit am Ueberfall zu schliessen, auf den Kopf der an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner ca. 380 l Wasser in 24 Stunden, eine Menge, wie sie kaum einer zweiten Stadt zur Verfügung stehen dürfte; infolgedessen ist auch der Gehalt an Mikroorganismen kein allzu hoher. (Uebrigens ist die zur Verfügung stehende Gesammtwassermenge eine erheblich grössere, namentlich seit Inbetriebnahme der neuen Sternwaldleitung, und ständig wird durch die Ueberläufe der beiden Reservoirs eine grosse Menge überschüssigen Wassers in die Dreisam abgeleitet, ohne consumirt zu werden. Nach neueren Berechnungen können pro Kopf der Bevölkerung zur Zeit ca. 450 l Wasser täglich geliefert werden, doch lässt sich diese Menge durch Fassen neuer Quellen noch beliebig vergrössern.)

Bei einem Vergleich zwischen der Kanalflüssigkeit und dem Drainwasser müsste man a priori annehmen, dass die Menge der auf das Feld gebrachten Kanalflüssigkeit gleich derjenigen des

1) Klopsch Reinhard, Chemische Untersuchungen über die hygienische und landwirthschaftliche Bedeutung der Breslauer Rieselfelder. Inaug.-Dissert. Breslau 1884.

2) Grandke Hans, Die Rieselfelder von Berlin und die Spüljauche unter besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Beschaffenheit. Neudamm, Verlag von J. Neumann.

Drainwassers ist, dass daher die Abnahme an organischen Substanzen u. s. w. der Menge entspricht, die beim Passiren des Bodens von demselben zurückgehalten wird. Diese Voraussetzung entspricht aber nicht den thatsächlichen Verhältnissen. Auf dem Felde und während des Durchsickerns verdunstet eine erhebliche Menge Wassers, die bei drainirtem Untergrunde infolge der besseren Durchlüftung des Bodens grösser sein muss, als bei undrainirtem Boden; auf der anderen Seite findet auf dem Felde selbst eine Verdünnung durch die atmosphärischen Niederschläge und im Boden eventuell durch die schwer controlirbaren Grundwasserverhältnisse statt; wenn auch im allgemeinen durch die immer weiter ausgedehnten und sich bald auf das ganze Rieselfeld erstreckenden Drainirungen diese Grundwasserverhältnisse immer besser regulirt werden, so macht sich ein hoher Grundwasserstand, wie wir ihn aus sehr vielen Analysen des Drainwassers schliessen müssen, selbst in drainirten Gewannen bis jetzt immer noch geltend. Ein Vergleich zwischen Kanalflüssigkeit und Drainwasser dürfte daher, wenn auch nicht in allen Fällen, so doch ziemlich häufig zu günstig für die Beurtheilung des Reinigungsvorganges ausfallen.

Die schwärzliche bis gelbe Farbe der Kanalflüssigkeit ist in dem Drainwasser verschwunden, soweit es sich um Drainwässer handelt, die nicht von Moor- oder Torfboden stammen und soweit der Boden nach vorgenommener Aptirung und Drainage schon genügend gedichtet war.

Der Gesammtrückstand der Kanalflüssigkeit übertrifft den des Drainwassers reichlich um ein Mehrfaches. Die Differenz gibt mindestens die Summe der Bestandtheile an, die im Boden, sei es durch mechanische Mittel, sei es durch chemische Umsetzungen zurückgehalten wird.

Aus den Verschiedenheiten im Glühverlust bei der Kanalflüssigkeit wie bei dem Drainwasser lassen sich sichere Schlüsse auf die darin enthaltenen flüchtigen oder nicht flüchtigen organischen Stoffe nicht ziehen, da sehr oft Chloride, Sulfate und Nitrate in dem Rückstande enthalten waren und da diese Stoffe beim Glühen zum Theil flüchtig sind, zum Theil anderweitige

Umsetzungen untereinander eingehen, zumal bei Gegenwart organischer Substanzen.

Viel eher kann die zur Oxydation der organischen Substanzen erforderliche Menge Kaliumpermanganat einen Aufschluss darüber geben, inwieweit eine Reinigung der Kanalflüssigkeit stattgefunden hat, und in der That lässt ein Vergleich der beiden Werthe die ganz beträchtliche Abnahme der organischen Substanzen im Drainwasser erkennen. Zwar sind die aus dem Kaliumpermanganatverbrauch gezogenen Folgerungen auf die Menge der organischen Substanzen auch noch recht unsichere, da wir in allen untersuchten Wässern keineswegs constante Gewichtsverhältnisse, sondern vielmehr Gemische von verschiedenen organischen Verbindungen in sehr wechselnden Mengen vor uns haben; durch die gleichen Mengen verschiedener organischer Verbindungen aber werden selbst unter den nämlichen Bedingungen sehr wechselnde Mengen von Kaliumpermanganat reducirt.[1]) Immerhin bietet der Kaliumpermanganatverbrauch, da es sich immer um Wässer des gleichen Ursprunges handelt und da die Bestimmungen immer auf die gleiche Art und Weise ausgeführt wurden, schon eine wenn auch nur ungenaue Handhabe zum Vergleich der beiden Flüssigkeiten; und dass eine ganz gute Reinigung stattgefunden hat, lehrt ein Blick auf die beiden Zahlenreihen für die organischen Substanzen in der Kanalflüssigkeit und in dem Drainwasser.

Vergleichen wir weiter den Gehalt an organischen Substanzen von Drainwässern, die aus den ältesten Gewannen (Gew. VIII und IX in Berieselung seit 1891) und aus Gewannen jüngeren Datums (Gew. XV, XVI, XVII und XVIII berieselt seit ungefähr vier Jahren) und von solchen die aus neu aptirten und drainirten (Gew. XIX und XX) herstammen, so sehen wir, dass die Befürchtungen über Versumpfung und über ein früher oder späteres Versagen des Bodens als Filter bis jetzt ganz unbegründete sind, dass im Gegentheil die schon längere Zeit im Betriebe befindlichen Abtheilungen manchmal bessere Resultate liefern, als die erst kurze Zeit berieselten Ländereien und wesentlich bessere

1) Tiemann-Gärtner, S. 276.

Resultate, als die frisch drainirten Gewanne, bei denen eine vollständige Verstopfung der kleinsten Zwischenräume noch nicht stattgefunden hat. Dass eine zweckmässige Bebauung und eine gut durchgeführte Drainage des Bodens unumgänglich nothwendig sind, um die Reinigungsarbeit prompt und zuverlässig zu besorgen, liegt klar auf der Hand, da durch die Drainage eine Durchlüftung des Bodens und damit eine Begünstigung der chemischen Vorgänge und der Lebensbedingungen der Spaltpilze erzielt wird und da durch die zweckentsprechende Bebauung die Stoffwechselprodukte der Bacterien dem Boden entzogen werden.

In Erkenntnis dieser für den ungestörten Betrieb und für die rationelle, rentable Anpflanzung der Rieselfelder so nothwendigen Maassnahmen wird jetzt die Drainage, wie erwähnt, überall durchgeführt und ebenso werden die ersten Drainirungen, die sich als nicht ganz ausreichend erwiesen haben, um die Möglichkeit einer, wenn auch nur theilweisen Versumpfung des Bodens vorzubeugen mit der Zeit dahin abgeändert[1]), dass die einzelnen Drainstränge, die früher durchschnittlich 20 m von einander entfernt lagen, in einer Entfernung von 7,5 bis 10 m (je nach der Beschaffenheit des Bodens) gelegt werden und dass jetzt jede Abtheilung einen Sammler bekommt, während früher 3 bis 4 Abtheilungen mit nur einem Sammler von gleicher Dimension versehen waren, so dass den bis jetzt noch manchmal zu Tage getretenen Missständen bald abgeholfen sein wird.

Dem in der Kanalflüssigkeit zum Theil als Ammoniak und zum Theil in organischer Bindung vorhandenen Stickstoff begegnen wir in dem Drainwasser in der Hauptsache wieder als Salpetersäure, salpetriger Säure, daneben als Ammoniak und in organischer Bindung; eine genaue Berechnung der Stickstoffmenge die in nicht oxydirtem Zustande durch das Drainwasser abgeführt wird, lässt sich mit Hilfe der erfolgten Bestimmungen nicht ausführen, da der Stickstoffgehalt der organischen Substanzen in den Drainwässern nicht ermittelt wurde und da eine Stickstoff-

1) Vorlage des Stadtrathes der Stadt Freiburg i. B. an den Bürgerausschuss über die Ergänzung der Schwemmkanalisation und Vervollständigung der Rieselfeldanlage, 1895.

berechnung aus der Menge des verbrauchten Kaliumpermanganats nur annähernde Resultate liefern würde; jedenfalls aber weisen die gefundenen Wertbe für Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak im Drainwasser zur Genüge nach, dass die Abnahme gegenüber der Kanalflüssigkeit eine sehr bedeutende ist, ja dass sogar oft eine nahezu vollständige Verwerthung der stickstoffhaltigen Bestandtheile durch den Pflanzenwuchs erfolgte.

Die Schwefelsäure erscheint, wenn auch in etwas geringerer Quantität, im Drainwasser wieder, und auch die Härte des Drainwassers ist von der der Kanalflüssigkeit nur wenig verschieden.

Nicht dasselbe gilt vom Chlor. Wie Klopsch in Breslau, so machte auch ich hier die Beobachtung, dass die Chlormengen im Drainwasser bedeutend geringer waren als in der Kanalflüssigkeit selbst. eine Thatsache, die sich wieder nur durch die Annahme einer Verdünnung mit Grundwasser erklären lässt; denn es ist eine ausgemachte Thatsache, dass Chlor in seinen verschiedenen-Salzen vom Boden nicht absorbirt wird, und dass der Pflanzenwuchs der ausschlaggebende Factor nicht sein kann, dies beweist schon die Abnahme des Chlors sowohl bei Berieselung bebauter wie nicht bebauter Flächen; als weiteres Moment liesse sich anführen, dass die Zusammensetzung der Kanalflüssigkeit an einem regenlosem Tage ermittelt wurde, während die Entnahme der Drainwasserproben unabhängig von der Witterung erfolgte, doch lässt sich auch bei Vergleichen zwischen gefallenen Regenmengen und Chlorgehalt des Drainwassers kein bestimmtes Verhältnis herausfinden, so dass nur das Grundwasser die Ursache dieser Abnahme sein kann.

Bis zu welchem Grade eine Ausnutzung der Phosphorsäure und des Kaliums erfolgt, zeigen die für diese beiden Substanzen ermittelten Werthe im Drainwasser verglichen mit denen der Kanalflüssigkeit; da dieselben, neben ihrer Bedeutung zur Beurtheilung der Wirksamkeit des Bodens, doch hauptsächlich Wichtigkeit in ökonomischer Hinsicht haben, und da die eingehende Beantwortung dieser letzten Frage genauere quantitative Kalium- und Phosphorsäurebestimmungen des Drainwassers sowohl, wie des Bodens und der Culturpflanzen erfordert, so will ich mich

über die Grösse der Abnahme und über daraus zu ziehende, vergleichende Schlüsse nicht einlassen.

Wichtiger ist die Zahl der Spaltpilze im Drainwasser gegenüber der in der Kanalflüssigkeit und auch hier tritt die schon mehrfach gemachte Erfahrung zu Tage, dass eine Wechselwirkung zwischen Spaltpilzmenge und irgend einer anderen Ursache, sei es Boden, Bepflanzung, Niederschlagsmenge u. s. w. nicht nachgewiesen werden kann, dass im Gegentheil bei ein und derselben Bodenart unter sonst ganz gleichen äusseren Verhältnissen (abgesehen von einem unwesentlichen Unterschied in der Lufttemperatur) die Menge der Spaltpilze sehr bedeutend schwanken kann, wie der Befund der beiden Untersuchungen vom 28. VI. 97 und 5. VII 97 zeigt, wo in dem einen Fall in maximo 182300, in dem anderen 13260 Spaltpilze gezählt wurden.

Abgesehen von einigen ausnahmsweise hohen Befunden ist im allgemeinen die Zahl der Spaltpilze relativ gering, und sehen wir selbst ab von denjenigen Drainwasserproben, bei denen eine Verdünnung mit Grundwasser stattgefunden haben muss, so ist die Menge der Mikroorganismen immer noch so gering, dass die Filtrationswirkung des Bodens sehr deutlich zu Tage tritt; dazu kommt noch als wichtiges Moment bei der Beurtheilung, dass die Bacterien der Kanalflüssigkeit in vorherrschender Zahl aus Darmbacterien bestehen, während in dem Drainwasser Darmbewohner entweder gar nicht, oder doch nur in beschränkter Anzahl vorkommen gegenüber der grossen Menge von Boden- und Wasserbacterien, die sich ständig vorfinden. Im ganzen gelang es mir 18 mal unter 165 Untersuchungen Bacterium coli im Drainwasser nachzuweisen.

Man braucht nicht gerade von der völligen Harmlosigkeit des Drainwassers überzeugt zu sein, — ich wenigstens möchte dafür keine Garantie übernehmen — trotzdem wird man aber gegen eine Einleitung derartiger durch Berieselung gereinigter Kanalflüssigkeiten in einen öffentlichen Flusslauf kaum stichhaltige Gründe in's Feld führen können, besonders wenn man die grosse Reinigung in Betracht zieht, welche die Kanalflüssigkeit erfahren hat und wenn man die oft sehr rasch erfolgende Selbst-

reinigung der Flüsse (Pettenkofer,[1]) Buchner,[2]) Hulwa,[3]) Löw[4]) u. A.) erwägt. Vielleicht wäre es angebracht, die von neu aptirten oder neu drainirten Ländereien stammenden Drainwässer vor ihrer Einleitung in den Fluss ausnahmslos einer nochmaligen Berieselung zu unterwerfen (was beispielsweise bei den hiesigen, sehr günstigen Gefällbedingungen leicht geschehen könnte und wozu Herr Baurath Lubberger in Voraussicht der sich zeigenden Uebelstände schon bei der Anlage der Rieselfelder die notwendigen Einrichtungen (Stauvorrichtungen) getroffen hat), um auf diese Weise den Rest der über das Durchschnittsmaass hinausgehenden Verunreinigungen zu beseitigen und für landwirthschaftliche Zwecke nutzbar zu machen.

Wie gerechtfertigt dieser Wunsch ist, und wie gross die Verunreinigungen sein können, welche im Drainwasser auftreten, wenn die Proben nach erfolgter Drainage gleich nach Beginn der ersten Berieselung entnommen werden, zeigt Tab. V auf Seite 206, welche erkennen lässt, dass der Boden der Abtheilung IX, von der diese Proben stammen, noch nicht so dicht war, wie man es von einem guten Rieselboden erwarten muss und dass hier noch grössere Kommunikationen zwischen den Drainröhren und der Oberfläche bestanden, zeigt die Zunahme der Verunreinigung des Drainwassers mit der Zunahme der Concentration der Kanalflüssigkeit.

Ob und wie weit die landwirthschaftlichen Vertreter, die eine möglichst vollständige Verwerthung der in den menschlichen Abfallstoffen enthaltenen Düngerstoffe fordern, bei der Berieselung zu ihrem Rechte kommen, will ich nicht prüfen, da dieser Punkt sowie die Kostenfrage und Rentabilität vom hygienischen Standpunkte aus erst in zweiter Linie kommen.

---

1) Pettenkofer, Zur Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XII, 1891, S. 269.

2) Buchner, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bacterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XVII, 1893, S. 179.

3) Hulwa Fr., Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau. Bonn 1884.

4) Löw, Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XII, 1891, S. 259.

Tabelle V.

Vergleich zwischen Kanalflüssigkeit und Drainwasser bei der ersten Berieselung nach erfolgter Drainage.

Vergleich zwischen Einfluss- und Abflusswasser bei der ersten Berieselung nach erfolgter Drainirung.

Lfd. Nr.	Stunde und Tag der Entnahme	Ort der Entnahme	A. Physikalische Beschaffenheit		B. Chemische Beschaffenheit												Keime in 1 ccm	Bemerkung.
			Geruch	Farbe u. Klarheit	Reaction	Ges.-rückstand	Glührückstand	Organische Substanz $KMnO_4$	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Schwefelsäure	Chlor	Ammoniak	Härte	Phosph.-säure	Kali		
1	19. 8. 96 6 Uhr Morg.	Gew. IX	kaum stink.	trüb, ziemlich. Bod.	neutral	13,80	8,05	3,710	—	—	Spur.	1,350	3,72	Grade 1,70	1,085	0,621	225 300	
2	7 » »	»	»	»	»	13,10	7,85	3,761	—	—	ger. Spur.	1,579	3,45	1,70	1,100	0,580	300 000	
3	8 » »	»	stinkend	gelb gef., bed. Bod.	»	26,75	15,90	9,109	—	Spur	Spur.	2,050	5,80	1,78	1,985	0,991	750 000	
4	9 » »	»	»	»	schw. alk.	33,00	16,60	14,970	—	—	Spur.	5,350	7,83	1,95	2,250	1,805	1 960 000	
5	10 » »	»	»	»	»	43,20	20,80	19,010	—	—	ger. Spur.	6,390	9,98	2,45	2,299	2,751	1 888 000	
6	19. 8. 96 7 Uhr Morg.	»	moderiger Geruch	schwach gelbl. gef., Bodens.	neutral	24,00	14,30	3,716	Spur.	Spur.	Spur.	2,840	—	2,60	Spur.	Spur.	52 416	
7	8 » »	»	»	»	»	29,80	16,15	4,247	0,320	bed. Meng.	»	3,195	ger. Spur.	2,80	0,205	»	66 304	
8	9 » »	»	»	»	»	25,10	11,40	6,396	0,715	»	»	3,905	bed. Meng.	2,75	0,821	0,620	1 054 000	
9	10 » »	»	»	bräunlich gef., stark. Bodens.	»	33,65	17,65	7,841	1,402	»	»	4,97	»	3,70	1,005	0,720	1 148 000	

Gehen wir nun zur Beantwortung der Frage über, ob bei dem Reinigungsprocess irgendwelche äussere Einflüsse, wie atmosphärische Niederschläge, Temperatur, Wechsel der Jahreszeiten sich geltend machen, und unterziehen wir daraufhin die zahlreichen Drainwasseranalysen einer näheren Prüfung, so kommen wir zu dem Resultate, dass ein Zusammenhang zwischen den erwähnten äusseren Einflüssen und dem Reinigungsprocess nicht besteht: wir finden im Sommer z. B. bei annähernd gleicher Temperatur Analysen, die in chemischer wie bacteriologischer Hinsicht viele Verschiedenheiten aufweisen, und ebenso zeigt sich, dass atmosphärische Niederschläge oder Trockenheit keinen wesentlichen Einfluss auf den Reinigungsvorgang auszuüben vermögen.

Vielmehr scheint der ausschlaggebende Factor hierbei einmal die Bodenbeschaffenheit und sodann nicht zum Mindesten die Art der Berieselung zu sein; hierunter verstehe ich eine der Bodenbeschaffenheit angepasste, sachgemässe Berieselung, die bei weniger durchlässigem Boden früher, bei leicht durchlässigem Boden später zu unterbrechen ist unter möglichst vielmaliger Abwechslung der einzelnen Gewanne, damit der mit organischen Substanzen überschwemmte Boden immer wieder Zeit hat, diese vor einer neuen Berieselung zu verarbeiten; unumgänglich nothwendig ist dabei, wie schon erwähnt, eine zweckentsprechend durchgeführte Drainage, die zur Durchlüftung des Bodens ein Haupterfordernis ist. Wie wichtige Rollen Durchlüftung und ein Wechsel in der Durchfeuchtung bei der Selbstreinigung des Bodens spielen, darauf hat schon Soyka[1]) in seinen »Untersuchungen zur Kanalisation« hingewiesen.

Pflanzenwuchs scheint mir nur insofern für den Grad der Reinigung in Betracht zu kommen, als ein dichtes Wurzelwerk, wie z. B. bei Wiesen, nicht unwesentlich zur Verbesserung des Bodenfilters und damit zur Zurückhaltung der organischen Stoffe und Bacterien beiträgt, während Getreide, Rüben, Mais, Kartoffel u. s. w. nur die Aufgabe erfüllen, die durch die Thätigkeit

---

1) Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation. Verlag v. R. Oldenbourg, München und Leipzig, 1885.

der Bacterien und durch chemische Umsetzungen gebildeten Nährsubstrate aufzunehmen, zu verwerthen, und so einer Anhäufung derselben im Boden, oder einem, auch ökonomisch zu verwerfenden Wiedererscheinen der Umsetzungsproducte im Drain- oder Grundwasser entgegenzuwirken.

Nachdem Flügge[1]) festgestellt hatte, dass für die Brunnenwässer der Stadt Breslau ein Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und Bakteriengehalt nicht existire, dass im Gegentheil die chemischen und bacteriologischen Untersuchungsergebnisse oft diametral entgegengesetzt sind, war es von Interesse, zu untersuchen, wie sich diese Frage für die Kanalflüssigkeit sowohl, als auch für das Drainwasser an Hand der zahlreichen Analysen beantworten liesse.

Unterziehen wir zuerst die Untersuchungsresultate des Zuflusses einer näheren Betrachtung, so sehen wir, dass mit der Zu- und Abnahme der organischen Substanzen auch der Bacteriengehalt ziemlich constant steigt und fällt, und dass im Zusammenhang hiermit auch alle anderen Bestandtheile im wesentlichen das gleiche Verhalten zeigen. Dieser Befund erklärt sich sehr leicht aus der Lebenshaltung der Bevölkerung. Als ausschlaggebende Verunreinigungen sind, da für feste und Küchenabfälle Abfuhr besteht, Fäces, Urin und Küchenwässer zu betrachten, Verunreinigungen die natürlich am grössten sind während der Tageszeiten und die gegen Abend immer mehr abnehmen, bis sie während der Nachtstunden (3 Uhr) ihr Minimum erreichen, um dann wieder mit einzelnen Schwankungen bis zu ihrem Maximum (7 Uhr abends) zu steigen; dass hierbei eine Wechselwirkung zwischen Bacteriengehalt und zwischen allen übrigen chemischen Bestandtheilen bestehen muss, war zu erwarten, da das eine durch das andere bedingt wird, da mit der Verunreinignng durch Dejectionen der Bacteriengehalt und der Ge-

1) Flügge, Ueber die Beziehungen zwischen Flusswasser und Grundwasser in Breslau, nebst kritischen Bemerkungen über die Leistungsfähigkeit der chemischen Trinkwasseranalyse. Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten, Bd. XXII, 1896, S. 445.

halt an den chemischen Bestandtheilen der Kanalflüssigkeit gesteigert wird.

Anders beantwortet sich die Frage bezüglich des Drainwassers, wo nicht nur sozusagen eine mechanische Mischung von Leitungswasser und Fäkalien vorliegt, sondern wo wir ein Wasser vor uns haben, das, nicht wie die Kanalflüssigkeit ganz kurze Zeit nach stattgehabter Verunreinigung zur Untersuchung kommt, sondern das kürzere oder längere Zeit im Boden verweilte und das hier Gelegenheit hatte, den mannigfachsten chemischen wie durch Bacterien hervorgerufenen Einwirkungen unterworfen zu werden.

Und in der That treffen wir hier ganz andere Verhältnisse. Wenn auch in einzelnen Fällen eine Wechselwirkung zwischen organischen Substanzen und Bacteriengehalt zu bestehen scheint, so lehren uns doch wieder eine grosse Anzahl von Wasserproben (Nr. 10, 29, 34, 40, 41 u. a.), dass dieses Ausnahmen sind und dass der Bacteriengehalt zu der Menge der organischen Stoffe in weitaus der grössten Zahl der Analysen in absolut keinem Verhältnis steht. So haben wir z. B. in Analyse Nr. 29 einen Gehalt an organischen Substanzen von 4,059 in 100000 Theilen Wasser und dabei 513 Keime im Cubikcentimeter; in den Analysen Nr. 112 und 113 sogar 4,293 bzw. 6,675 Theile organische Substanzen und 418 bzw. 136 Bacterien im Cubikcentimeter. Derartige Beispiele liessen sich noch mehrere anführen, doch dürften diese genügen, die gemachten Behauptungen zu erhärten, und um die in Breslau für Brunnenwässer gemachten Erfahrungen auch auf derartige, zum Theil stark verunreinigte Wässer auszudehnen.

In Bezug auf die anderen chemischen Bestandtheile gilt ebenfalls das bezüglich der organischen Substanz Gesagte. Auch hier ist nirgends eine Wechselwirkung auch nur andeutungsweise zwischen den einzelnen chemischen Bestandtheilen und der Bacterienzahl vorhanden, vielmehr sind die Schwankungen in der Keimzahl ganz unabhängig von der Menge der vorhandenen Salpetersäure, salpetrigen Säure, Schwefelsäure, des Chlors, des Ammoniaks und von der Härte.

Wenn bei diesen Drainwasseranalysen auch etwas andere Verhältnisse als bei Trinkwasseranalysen in Betracht kommen, so dürften sie doch zu einem Vergleich zwischen der Leistungsfähigkeit der chemischen und bacteriologischen Untersuchungsmethoden geeignet sein und dürften einen Beitrag zur Erfüllung von Flügge's Wunsch liefern: »dass aus der Praxis weitere Belege für die Werthlosigkeit der bisherigen Untersuchungsmethoden beigebracht werden.«

Greifen wir aus der Zahl der Analysen einige heraus und vergleichen wir zu diesem Zwecke das Ergebnis der chemischen Analyse Nr. 10 mit dem bacteriologischen Befund, so wäre das Wasser hiernach als Trinkwasser zu beanstanden, da über ein Gramm Kaliumpermanganat zur Oxydation der organischen Stoffe erforderlich war, während in einem Cubikcentimeter nur 272 Keime enthalten sind. Bei vielen Analysen treffen wir ähnliche Verhältnisse, und dass sogar bei den Analysen Nr. 112 und 113 einem Gehalt an organischen Substanzen von 4,293 bzw. 6,675 Theilen in 100000 Theilen Wasser ein Gehalt von nur 418 bzw. 136 Spaltpilzen im Cubikcentimeter gegenübersteht, habe ich schon erwähnt. Trotz dieses hohen Gehaltes an organischen Substanzen waren die beiden Proben vollkommen klar, farblos und ohne Bodensatz.

Diesen Analysen gegenüber stehen andere und zwar weitaus die Mehrzahl, bei denen der Gehalt an organischen Substanzen zum Theil weit hinter der für Trinkwasser noch als zulässig angenommenen Grenze steht, während die Zahl der Spaltpilze unverhältnissmäsig gross ist.

Ebenso finden wir Analysen, bei denen ein hoher Gehalt an Salpetersäure oder Ammoniak constatirt wurde gegenüber einem geringen Spaltpilzgehalt, und auf der anderen Seite eine sehr grosse Menge Spaltpilze bei völlig normalem Verhalten bezüglich der Salpetersäure und des Ammoniaks.

Es geht daraus zur Genüge hervor, zu welch' irrigen Schlüssen eine chemische Wasseranalyse allein führen kann, da sie einmal im Stande ist, ein Wasser, das bacteriologisch mit zu den besseren gehört, wegen der nachgewiesenermaassen in den meisten

Fällen unschädlichen organischen Substanzen [1]) vom Gebrauche auszuschliessen, während sie auf der anderen Seite eine direkte Täuschung sein kann, »indem sie«, wie Flügge sagt, »zu der Annahme verleitet, dass die Brunnen mit niedrigen Werthen auch gute infectionssichere Anlagen seien und umgekehrt.«

Allerdings darf ein Gehalt an organischen Stoffen im Trinkwasser nicht unterschätzt werden; wenn dieselben auch ohne Nachtheil für den Organismus sind, so können sie doch bei eingetretener Verunreinigung durch Spaltpilze von aussen, diesen Mikroorganismen das nöthige Nährmaterial liefern und so zu einer rapiden Vermehrung derselben beitragen, was bei einem an organischen Substanzen sehr armen Wasser nicht der Fall ist, da hier die Existenzbedingungen für diese niederen Lebewesen sehr ungünstige sind, da infolgedessen ein Absterben oder doch eine Wachsthumshemmung der Spaltpilze bald erfolgt.

Dupré [2]) berichtet von einem Fall, in dem die chemische Untersuchung während einer Typhusepidemie eine Verunreinigung erkennen liess, während die bakteriologische Untersuchung zuerst ein negatives Resultat gab. Dieser Fall dürfte wohl zu den seltenen gehören; in den meisten Fällen wird durch eine gefährliche Verunreinigung auch die Keimzahl gesteigert und so gelingt es denn durch rechtzeitige bacteriologische Untersuchungen, wenn auch nicht den Krankheitserreger selbst, so doch die Zunahme der Bakterien gegenüber dem Durchschnittsgehalt festzustellen. Nothwendig sind dazu allerdings, wie es hier für die Freiburger Leitungswässer geschieht, regelmässige seit langen Jahren vorgenommene bacteriologische Untersuchungen, die uns die durch die Jahreszeiten bedingten Schwankungen zeigen und die daher als Controle dienen können bei der Beurtheilung später vorzunehmender bacteriologischer Prüfungen.

---

1) Kruse, Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten. Bd. XVII, 1894, S. 1.

2) Dupré, Ueber die chemische und bacteriologische Untersuchung des Wassers. Society of Public Analysts. Sitzung vom 6. März 1895. Chem. Zeitung XIX, S. 457.

Neben der bacteriologischen Trinkwasser-Untersuchung kommt die chemische Untersuchung nur dann in Betracht, wenn es sich um Neuanlagen von Wasserleitungen, vornehmlich um Bestimmung der Härte handelt; daneben kann die chemische Analyse manchmal schon allein grosse Dienste leisten bei der Untersuchung von zu gewerblichen Zwecken bestimmten Wässern und von Fabrikabwässern; im letzteren Falle ist die chemische Analyse oft allein ausschlaggebend. Von Wichtigkeit ist noch, besonders bei Neuanlagen, die von Hüppe, Gärtner, Gruber und neuerdings von Flügge so in den Vordergrund gestellte Localinspection.

Anders bei Trinkwasser-Beurtheilungen von aus seit längerer Zeit im Gebrauch befindlichen Leitungen. Hier ist eine Localinspection wohl möglich an der Sammelstelle, entweder ganz unmöglich aber oder doch von untergeordneter Bedeutung bei der weiten Verzweigung des Kanalnetzes; hier kann eine bacteriologische Untersuchung allein von hohem Werthe sein und kann mit ziemlicher Sicherheit eine Verunreinigung erkennen lassen, zumal wenn der durchschnittliche Gehalt an Spaltpilzen während der betreffenden Zeit, in welcher die Untersuchung stattfindet, durch vorher systematisch durchgeführte Untersuchungen bekannt war.

Ist dann constatirt, dass eine Vermehrung der Mikroorganismen stattgefunden hat, wie sie nur durch Defecte an der Röhrenleitung hervorgerufen werden kann, so muss man durch weitere bacteriologische Untersuchungen in der Richtung gegen den Ursprung der Quelle den Ort, an dem die Verunreinigung stattfindet, möglichst genau zu ergründen suchen.

Fassen wir nun die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammen, so kommen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Die durch Berieselung erzielte Reinigung der Freiburger Abwässer ist eine durchaus gute, so dass ohne Bedenken die Drainwässer dem Flusslauf zugeführt werden können.

2. Eine Wechselwirkung zwischen den vorhandenen chemischen Substanzen und den gleichzeitig anwesenden Bacteriengemengen findet nur in der Kanalflüssigkeit selbst statt, nicht aber in den Drainwässern, bei denen der Gehalt an chemischen Bestandtheilen und an Bacterien von einander unabhängig sind.

3. Aeussere Einflüsse, wie Regenmenge, Temperatur, Wechsel der Jahreszeiten sind bei dem Reinigungsprocess nur von untergeordneter Bedeutung.

4. Eine Abnahme der filtrirenden und chemisch wirkenden Kraft des Bodens in den alten Gewannen gegenüber den neu angelegten kann nicht constatirt werden.

Literaturnachweis.

1. Abba F., Sulla presenza del bacillus coli nelle acque potabili e sopra un metodo di metterlo in evidenza. La Riforma medica, 1895, Nr. 176.
2. Abba F., Ueber ein Verfahren, den Bacillus coli communis schnell und sicher aus dem Wasser zu isoliren. Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XIX, 1896, S 13.
3. Aeby C., Ueber die Verunreinigung der Grundwasser. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. XII, 1873, S. 378.
4. Bericht der städtischen Kommission von Breslau über die Kanalisation der Stadt Danzig. (Juni 1874.)
5. Bericht der Münchener Kommission über die Besichtigung der Kanalisations- und Berieselungsanlagen. (München 1879.)
6. Bolton Meade, Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, 1886, S. 76.
7. Bourneville, L'utilisation agricole des eaux d'égout de Paris et l'assainissement de la Seine. Paris 1888.
8. Buchner, Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bacterien und über die Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XVII, 1893, S. 179.
9. Bürkli-Ziegler und A. Hafter, Bericht über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen in England und Paris. (Zürich 1875.)
10. Burri R., Ueber einige zum Zwecke der Artcharakterisirung anzuwendende bacteriologische Untersuchungsmethoden nebst Beschreibung von zwei neuen aus Rheinwasser isolirten Bacterien. Archiv für Hygiene, Bd. XIX, 1893, S. 1.
11. Burri R., Nachweis von Fäkalbacterien im Trinkwasser. Hygienische Rundschau, Jahrg. V, 1895, S. 49.
12. Clark, Repertory of Patent Inventions for 1841. A new Process for purifying the waters supplied to the metropolis by Th. Clark; on the examination of water for towns for its hardness etc., by Th. Clark 1847.
13. Dahmen Max, Die bacteriologische Wasseruntersuchung. Chemiker-Zeitung, Bd. XVI, S. 861.
14. Drossbach G. P., Methode der bacteriologischen Wasseruntersuchung. Chemiker-Zeitung, Bd. XVII, S. 1483.

15. Duclaux, Moyens d'examen des eaux potables. Annales de l'Institut Pasteur, Bd. VIII, 1894, S. 514.
16. Dunbar, Untersuchungen über den Typhusbacillus und den Bacillus coli communis. Zeitschrift für Hygiene u. Infectionskrankheiten, Bd. XII, 1892, S. 485.
17. Dünkelberg, Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspfl., Bd. VII, 1875, S. 24. Die Bewässerung mit Kanalwasser in der Ebene von Gennevilliers bei Paris und auf den Dünen bei Danzig.
18. Dupré, Ueber die chemische und bacteriologische Untersuchung des Wassers. Society of Public Analysts. Sitzung vom 6. März 1895. Chem. Zeitung, Bd. XIX, S. 457.
19. Eisenberg, Bacteriologische Diagnostik. Hamburg und Leipzig 1891. Verlag v. Voss.
20. Elsner, Untersuchungen über elektives Wachsthum der Bacterium coli-Arten und des Typhusbacillus und dessen diagnostische Verwerthbarkeit. Zeitschrift für Hygiene u. Infectionskrankheiten, Bd. XXI, 1896, S. 25.
21. Eulenburg, Handbuch des öffentlichen Gesundheitswesens, Bd. II, S. 873. Städtereinigung von Alex. Müller.
22. Fegebeutel, Die Kanalwasserbewässerung in England. (Danzig 1870.)
23. Feldhaus, Ueber die quantitative Bestimmung der salpetrigen Säure und der Untersalpetersäure durch übermangansaures Kali. Zeitschrift für analyt. Chemie, Bd. I, 1862, S. 426.
24. Flügge, Ueber die Beziehungen zwischen Flusswasser und Grundwasser in Breslau, nebst kritischen Bemerkungen über die Leistungsfähigkeit der chemischen Trinkwasseranalyse. Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankh., Bd. XXII, 1896, S. 445.
25. Fischer, Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe. S. 178.
26. Fischer's Jahresberichte, 1883, S. 1188.
27. Fischer Ferd., Die menschlichen Abfallstoffe. S. 136.
28. Fischer Ferd., Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung. Berlin 1891, S. 278.
29. von Freudenreich, Ueber den Nachweis des Bacillus coli communis im Wasser und dessen Bedeutung. Centralblatt f. Bacteriologie, Bd. XVIII, 1895, S. 102.
30. Fülles, Bacteriologische Untersuchung des Bodens in der Umgebung von Freiburg. Zeitschrift für Hygiene, Bd. X, 1891, S. 225.
31. Gärtner Aug., Ueber Methoden, die Möglichkeit der Infection eines Wassers zu beurtheilen. Festschrift zur 100jährigen Stiftungsfeier des medicin.-chirurg. Friedrich-Wilhelm-Instituts.
32. Grandke Hans, Die Rieselfelder von Berlin und die Spüljauche unter besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Beschaffenheit. Neudamm, Verlag von J. Neumann.
33. Gruber M., Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXV, Heft 3.

34. Guirand, Les eaux potables de la ville de Toulouse au point de vue bactériologique et sanitaire. Revue d'hygiène et de police sanitaire, 1894, Nr. 11, S. 934.
35. Holz, Experimentelle Untersuchungen über den Nachweis der Typhusbacillen. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, 1890, S. 143.
36. Hulwa Fr., Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau. (Bonn 1884.)
37. Internationaler Kongress für Hygiene und Demographie. London 1891. Münchener Med. Wochenschrift, 1891, S. 730.
38. Kjeldahl, Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschrift f. analyt. Chemie, Bd. XXII, 1883, S. 366.
39. Klopsch Reinhard, Chemische Untersuchungen über die hygienische und landwirthschaftliche Bedeutung der Breslauer Rieselfelder. Inaug.-Dissertation. Breslau 1884.
40. König J., Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1893. Verlag von Jul. Springer, S. 1181.
41. Kruse W., Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurtheilung des Wassers. Zeitschrift für Hygiene u. Infectionskrankh., Bd. XVII, 1894, S. 1.
42. Kubel, Zur Bestimmung der salpetrigen Säure durch übermangansaures Kali. Journal für praktische Chemie, Bd. 102 (a. F.), 1867, S. 229.
43. Lehmann u. Neumann, Bacteriologie und bacteriologische Diagnostik. München, Verl. v. Lehmann, 1896.
44. Lissauer, Hygienische Studien über Bodenabsorption. Vierteljahresschrift f. öffentl. Gesundheitspfl., Bd. VIII, 1876, S. 569.
45. Lösener, Ueber das Vorkommen von Bacterien mit den Eigenschaften der Typhusbacillen in unserer Umgebung ohne nachweisbare Beziehungen zu Typhuserkrankungen, nebst Beiträgen zur bacteriologischen Diagnose des Typhusbacillus. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. XI, 1895, S. 207.
46. Löw, Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv für Hygiene, Bd. XII, 1891, S. 259.
47. Lubberger, Rieselfelderanlage der Stadt Freiburg im Breisgau. Gesundheits-Ingenieur, 1892, No. 20, 21 u. 22.
48. Lustig, Diagnostik der Bacterien des Wassers. Jena, Verlag v. Fischer. 1893.
49. Marx, Bestimmung der Salpetersäure im Brunnenwasser. Zeitschr. für analyt. Chemie, Bd. VII, 1868, S. 412.
50. Menzel O. J., Die Unschädlichmachung der städtischen Kloakenauswürfe durch den Erdboden. Leipzig, Scholtze, 1886.
51. Migula, Die Artzahl der Bacterien bei der Beurtheilung des Trinkwassers. Centralbl. f. Bacteriol., Bd. VIII, 1890, S. 353.
52. Mitgau, Bericht über Städtereinigung. S. 31.
53. Neisser Max, Die mikroskopische Plattenzählung und ihre specielle Anwendung auf die Zählung von Wasserplatten. Zeitschr. f. Hygiene und Infectionskr., Bd. XX, 1895, S. 119.

54. Nicolle M., Nouveaux faits relatifs à l'impossibilité d'isoler, par les methodes actuelles, le bacille typhique en présence du Bacterium coli. Annales de l'Institut Pasteur, 1895, No. 1.

55. v. Pettenkofer, Zur Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene, Bd. XII, 1891, S. 269.

56. Proskauer u. Zuelzer, Ueber die Anwendbarkeit der Kjehldahl'schen Methode und ihrer Modificationen bei hygienischen Untersuchungen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. VII, 1889, S. 216.

57. Refik, Sur les divers types de Coli-Bacille des eaux. Annales de l'Institut Pasteur, Bd. X, 1896 S. 242.

58. Reichard, Archiv der Pharmacie, 207, S. 530.

59. Reinsch, Zur bacteriologischen Untersuchung des Trinkwassers. Centralblatt f. Bacteriol., Bd. X, 1891, S. 415.

60. Rieselfelderanlagen, Die, in Danzig, Berlin und Paris. (Frankfurt a. M., 1879.)

61. River Pollution Commission: Reports of the commissioners, appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers.

62. River Pollution Prevention Act. 1876. Report to the Local Governement. Board by Dr. R. Angus Smith, 1882.

63. Schardinger Fr., Beitrag zur hygienischen Beurtheilung des Trinkwassers. Centralbl. f. Bacteriol., Bd. XVI, 1894, S. 853.

64. Schottelius, Zum mikroskopischen Nachweis von Cholerabacillen in Dejectionen. Deutsch. Med. Wochenschr., XI. Jahrg., 1885, S. 213.

65. Smith, Ueber den Nachweis des Bacillus coli communis im Wasser. Centralbl. f. Bacteriol., Bd. XVIII, 1895, S. 494.

66. Spiegel L., Ueber die Bestimmung der Salpetersäure im Trinkwasser. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. II, 1887, S. 163.

67. Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation. Verl. v. R. Oldenbourg, München und Leipzig, 1885.

68. Ströll, Ueber den Nachweis des Typhusbacillus im fliessenden Wasser. Münch. Med. Wochenschr., XXXIX. Jahrg., 1892, S. 473.

69. Tataroff, Die Dorpater Wasserbacterien. Inaug.-Dissert., Dorpat 1891.

70. Thomson W., Bemerkungen über die Analysen von Abwässern und über die Methoden zur Bestimmung des Werthes concurrirender Verfahren zur Reinigung von Abwässern. Journ. chem. Soc. Ind., 1891, 330, Heft 6.

71. Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Braunschweig, Verl. v. Vieweg & Sohn, 1895.

72. Tils, Bacteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswässer. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. IX, 1890, S. 282.

73. Trommsdorff, Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. VIII, 1869, S. 358.

74. Trommsdorff, Nachträge zu den Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers. Bd. IX, 1870, S. 168.

75. Verein, Deutscher, für öffentliche Gesundheitspflege, zweite Versammlung zu Danzig vom 12. bis 15. Sept. 1874. Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. VII, 1875, S. 51.
76. Vorlage des Stadtrathes der Stadt Freiburg i. B. an den Bürgerausschuss über die Ergänzung der Schwemmcanalisation und Vervollständigung der Rieselfeldanlage. 1895.
77. Vortrag des Stadtrathes der Stadt Freiburg i. B. an den Bürgerausschuss über den Ausbau der Canalisation und die Anlage von Rieselfeldern zur Reinigung und Verwerthung sämmtlicher städtischer Abwasser. 1889.
78. Weigmann, Zur Untersuchung und Beurtheilung der Trinkwässer. Zeitschr. für Medicinalbeamte, Jahrg. I, 1888, S. 84.
79. Welz, Bacteriologische Untersuchung der Luft in Freiburg i. B. und Umgebung. Zeitschr. für Hygiene u. Infectionskrankh., Bd. XI, 1892, S. 121.
80. Wolffhügel u. Riedel, Die Vermehrung der Bacterien im Wasser. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. I, 1886, S. 455.

Weitere Beiträge zur Geschichte der Fleischvergiftungen.

Von

Fritz Basenau.

(Aus dem hygienischen Institute Prof. Forster's.)

Die Frage nach der Ursache der Fleischvergiftungen hat, seitdem Bollinger[1]) — und mit ihm Siedamgrotzky[2]) — zuerst im Jahre 1876 auf die weittragende Bedeutung der septicämischen und pyämischen Erkrankungen der Thiere für die menschliche Gesundheit mit allem Nachdruck hinwies, von Jahr zu Jahr an Interesse gewonnen.

Bollinger war es, der an der Hand der einschlägigen Literatur unter scharfer, kritischer Beleuchtung nachwies, dass die Ursache gewisser Massenerkrankungen, die vielfach für Abdominaltyphus gehalten wurden, in dem Verbrauch von Fleisch kranker Thiere lag. Diese Art Erkrankungen bezeichnete Bollinger als Sepsis intestinalis oder als septische oder pyämische Gastroenteritis und er äusserte schon damals, ohne über exacte Forschungsergebnisse verfügen zu können, mit seinem klaren Blick die Ansicht, dass die Wirkung der Schädlichkeiten auf eine in zahlreichen Abstufungen vorkommende Combination von chemischer Intoxication und mycotischer Infection zurückzuführen sei.

---

1) Vortrag. 4. Versamml. des deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege zu Düsseldorf. — Ueber Fleischvergiftung, intestinale Sepsis und Abdominaltyphus, München 1881. — Bayer. ärztl. Intell.-Blatt, 1881, Nr. 15 bis 18.

2) Ueber Fleischvergiftungen. Vortr. f. Thierärzte, 3. Ser., Jena 1880.

Bollinger sprach auch weiter die Meinung aus, dass die Bösartigkeit des »Giftes« sich postmortal steigern könne, eine Ansicht, die sich durch die nachherigen exacten Untersuchungen ebenfalls als wahr erwiesen hat.

Das zunehmende Interesse an den, durch Fleisch und Fleischwaaren von Thier auf Mensch übertragbaren Erkrankungen kann nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass wieder und wiederum kleinere und grössere Massenvergiftungen nach dem Genuss von Fleisch bis in die jüngste Gegenwart hinein aufgetreten sind. Es genügt, nur einen Blick in fast jede Ablieferung der Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene zu werfen, um von der Häufigkeit dieser Erkrankungen überzeugt zu sein. Und dabei ist es sicher, dass lange nicht alle Fälle in die Oeffentlichkeit gelangen.

Die kritische Betrachtung der vorgekommenen Vergiftungen hat nun mit Sicherheit an's Licht gebracht, dass in weitaus den meisten Fällen das schuldige Fleisch von Thieren herstammte, die nothgeschlachtet waren. Nicht allein das, sondern es hat sich auch gezeigt, dass eine gewisse Reihe von Erkrankungen der schlachtbaren Thiere ganz besonders geeignet ist, dem Fleische für die Gesundheit der Consumenten schädliche Eigenschaften zu verleihen. Zu diesen Erkrankungen gehören in erster Linie septische Erkrankungen, wie die septische Form der Kälberlähme (Polyarthritis septica), die hämorrhagische Enteritis der Kälber, die septische Metritis der Kühe, eigenthümliche Darmerkrankungen der Rinder und Eutererkrankungen der Kühe mit fieberhaftem Charakter. Hieran schliessen sich septico-pyämische und pyämische Erkrankungen an. Es kann ja dies Zusammengehen der septicämischen und pyämischen Erkrankungen nicht überraschen, wenn man in Erwägung zieht, dass dieselbe Art der Erreger das eine Mal dieses und das andere Mal jenes Krankheitsbild hervorruft.

In der ersten Zeit der bacteriologischen Aera hatte man sich befleissigt, auf Grund der mikroparasitären Blutbefunde eine scharfe Grenze zwischen Septicämie und Pyämie zu ziehen. Dass allerdings vom rein klinisch-anatomischen Standpunkte aus

zwischen einer acutesten Septicämie ohne Localisationen und einer sich viele Tage hinziehenden Pyämie mit Localisationen ein gewaltiger Unterschied besteht, ist selbstredend. Auf der anderen Seite kommen aber so mannigfache Uebergangsformen zwischen diesen beiden Extremen vor, dass man sich genöthigt gesehen hat, zu dem combinirten Namen Septico-Pyämie zu greifen. Hier wie dort kommt es von irgend einer Stellle aus, es sei von der äusseren Haut, dem Intestinal-, Respirations- oder Genital-Tractus aus, zu einer Invasion von Krankheitserregern in die Saftbahnen. Das eine Mal kommt es zu einer so schnellen directen Vermehrung der Mikroorganismen im Blute mit mehr oder weniger starker Giftbildung, dass der Tod eintritt, bevor sich localisirte Wirkungen haben entfalten können; das andere Mal können sich die Bacterien im Blut direct nicht halten, setzen sich aber an bestimmten Stellen fest und verursachen hier metastatische Heerdbildungen. Aber Ursache, Vorgang und so gut wie immer auch der Ausgang sind dieselben. So konnte auch Gärtner, der je zwei Fälle von Septicämie und Pyämie nach Uterusinfection untersuchte, feststellen, dass die mikroskopischen Bilder an der Infectionsstelle in allen vier Fällen die gleichen waren. Die Vielgestaltigkeit des »septischen« Bildes hängt in der Hauptsache einerseits von der stärkeren oder schwächeren Virulenz der eindringenden Mikrobien und andererseits von der Summe der Widerstandskräfte des befallenen Organismus ab-Einbruchspforte und Menge der Bacterien kommen dann in zweiter Linie in Betracht.

Handelt es sich vom Standpunkt der Fleischbeschau aus, z. B. um die 2—3 Wochen dauernde, unter dem Namen »pyämische Gelenkentzündung der Neugeborenen«, »pyämische Form der sog. Lähme der Neugeborenen«, »Polyarthritis pyämica« gehende Erkrankung oder um die in einigen Tagen tödtlich endende »septische Form der Kälberlähme« (Polyarthritis septica), so wird das Urtheil des Sachverständigen, was die Geniessbarkeit des Fleisches dieser Thiere angeht, falls es sich nicht im ersteren Fall um zweifellos abgekapselte Heerde handelt, gleichlautend sein. Beide Erkrankungen sind nur verschiedene Bilder ein und

derselben Krankheitsform, der Ausdruck einer »septischen«, vom Nabel ausgehenden allgemeinen Infection.

Man kann sich aber erst einen richtigen Begriff von der eventuell für die menschliche Gesundheit drohenden Gefahr von Seiten des Fleisches kranker, nothgeschlachteter Thiere machen, wenn man sich die grosse Zahl der stattfindenden Nothschlachtungen vor Augen führt. Nach Edelmann[1]) wurden im Jahre 1891 im deutschen Reiche etwa 160000 Nothschlachtungen vorgenommen.

Von Fällen, welche gesundheitsschädliches Fleisch lieferten, kamen in Baden 1888/91 auf:

	1000 gewerbl. Schlachtungen	1000 Nothschlachtungen
Bei Rindern	1,6 Fälle	128 Fälle
» Kälbern	0,4 »	4,9 »
» Schafen	0,2 »	20,2 »
» Ziegen	0,8 »	72,5 »
» Schweinen	0,3 »	63,4 »
» Pferden	14,2 »	44,4 »

Die Nothschlachtungen schliessen demgemäss, gegenüber den gewerblichen Schlachtungen, bei Rindern eine 80mal grössere Gefahr ein, bei Kälbern ist letztere 12mal, bei Schafen 100mal, bei Ziegen 90mal, bei Schweinen 211mal und bei Pferden 3mal grösser.

Die Gefahr, die die Nothschlachtungen mit sich bringen, wird aber, wie Ostertag[2]) in seinem trefflichen »Handbuch der Fleischbeschau 1895« besonders betont, dadurch bedeutend gesteigert, dass es sich durchaus nicht immer um typische Erkrankungen, sondern in vielen Fällen um Krankheiten dunkelen Ursprungs (kryptogenetische Sepsis) handelt.

Gerade bei den rein septischen, schnell verlaufenden Krankheiten ist der makroskopische, pathologisch-anatomische Befund in vielen Fällen so gering oder selbst negativ, dass ohne genaue Kenntnis der Krankheitssymptome und des Krankheitsverlaufes

1) Handbuch der Hygiene von Th. Weyl. 27. Lieferung. Fleischbeschau, 1896.

2) S. 605.

der begutachtende Thierarzt sich manches Mal vor eine Aufgabe hingestellt sieht, die er mit dem besten Willen durch makroskopische Untersuchung nicht lösen kann. Wenn ich mir auch der Schwierigkeiten, die vorderhand dem von uns gemachten Vorschlag[1]) der bacteriologischen Fleischuntersuchung erwachsen, voll bewusst bin, so meine ich doch, dass gerade in derartigen zweifelhaften Fällen nur eine solche zu allseitig befriedigenden Resultaten führen kann und wird.

Denn das Influssbringen der Frage nach den Ursachen der Fleischvergiftungen hat nicht nur die Thatsachen der grossen Gefährlichkeit der Nothschlachtungen und der oben erwähnten Erkrankungen an's Licht gefördert, sondern wir sind auch durch eine Reihe experimenteller, bacteriologischer Untersuchungen mit den ursächlichen Krankheitserregern bekannt geworden. Noch jedes Mal ist es bisher bei allen gründlich und rechtzeitig daraufhin untersuchten Fällen von Massenerkrankungen nach Fleischgenuss gelungen, die Krankheitserreger aufzufinden.

Hierbei hat sich nun die bemerkenswerthe Thatsache ergeben, dass, obwohl die das schädliche Fleisch liefernden Thiere in den meisten Fällen an septisch-pyämischen Erkrankungen gelitten hatten, im Gegensatz zu den menschlichen Erkrankungen gleicher Art, nicht wie bei diesen Krankheitserreger, die mit wenigen Ausnahmen[2]) in die Gruppe der Coccen gehören, gefunden worden sind, sondern Stäbchenbacterien[3]). Bei der

---

1) Archiv für Hygiene, 1894, Bd. XX, S. 292.

2) Hierzu siehe: E. Fränkel, Deutsche medic. Wochenschrift, 1885, Nr. 37. — Noeggerath, Amer. journ. of obstetr., 1886. — V. Babes, Bact. Unters. u. sept. Proz. im Kindesalter, Leipzig 1889. — G. Tizzoni und S. Giovannini, Ziegler's Beitr. z. path. Anat. u. z. allg. Path., VI, 3. — Babes et Eremia, Extrait du Progrès médical Roumain, 1889, S. 121. — V. Babes, Centralbl. f. Bact. u. Par., IX, S. 719/752. — Lubarsch und Tsutsin, Virchow's Arch., CXXIII, H. 1. — V. Babes et V. Oprescu, Ann. de l'Inst. Pasteur, 1891, S. 273. — Kolb, Arbeiten aus d. Kais. Ges.-Amt, VII, 1891. — Finkelstein, Berl. klin. Wochenschr., 1895, S. 496. — Sittmann, Münch. med. Wochenschr., 1895, Nr. 3.

3) Lucet, der eine Reihe von Fällen puerperaler Sepsis bei der Kuh untersuchte, fand den Strept. pyog. wie beim Weibe nur ganz ausnahmsweise. (Journ. de med. vét., 1895, Nr. 5 u. 6.)

Würdigung dieser Thatsache fällt noch in's Gewicht, dass der modus infectionis nach den bisherigen Erfahrungen bei Mensch und Thier im Allgemeinen der gleiche ist. Septisch-pyämische Erkrankungen entwicklen sich hier wie dort am häufigsten im Anschluss an Nabelentzündungen der Neugeborenen, vom Uterus post partum aus, bei gewissen Affectionen des Intestinal- und Respirationstractus und nach Verletzungen oder krankhaften Veränderungen der äusseren Decken.

Bei dem unter vielen Verhältnissen engen Verkehr zwischen Mensch und Hausthier wird man wohl schwerlich die Behauptung aufstellen können, dass jener in einer »coccenreicheren«, dieses aber in einer »stäbchenreicheren« Umgebung lebt. Viel mehr wird man wohl hier mit der verschiedenen Disposition und Widerstandskraft des menschlichen und thierischen Organismus für und gegen jene beiden Gruppen von Krankheitserregern zu rechnen haben. Hiermit stimmt auch die Thatsache überein, dass bei der ganzen grossen Gruppe von mehr oder weniger scharf umgrenzten Krankheitsbildern, die man nach Hueppe unter dem Namen »Hämorrhagische Septicämie« zusammenfasst, sich nicht eine einzige Krankheit befindet, die nach unseren heutigen Kenntnissen auf den Menschen übertragbar ist. Auch hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass auch bei dieser Gruppe von Thierkrankheiten mit septicämischem Charakter als Erreger nur Stäbchen gefunden worden sind.

Für die sachverständige Beurtheilung des von kranken Thieren herstammenden Fleisches hat man wohl hin und wieder die Anwesenheit eines Fäulnisheerdes als besonders maassgebend hingestellt. Dies hat nur insofern eine Berechtigung, als den Fäulnisbacterien unter Umständen in der Art eine Rolle beim Zustandekommen septischer Erkrankungen zugeschrieben werden kann, dass sie im Stande sind, das Terrain für die eigentlichen Infectionserreger günstiger zu gestalten. Ohne selbst in den Körper einzudringen, setzen sie die Vitalität der Gewebe an der Einbruchsstelle herab, schwächen durch die Production und Aufnahme von giftigen Stoffen die natürliche Widerstandskraft des Organismus und unterstützen so die sich einnistenden

eigentlichen Krankheitserreger in ihrer verderbenbringenden Thätigkeit.

So stellt sich Gottstein[1]) vor, dass z. B. durch Aufnahme von Fäulnisproducten aus verunreinigten Wunden etc. mit folgender Zerstörung einer Anzahl rother Blutkörperchen die Resistenz des Organismus gegenüber Sepsiserregern bedeutend herabgesetzt wird. Er stützt sich hierbei auf Versuche, durch die er nachweisen konnte, dass Thiere, denen er einen, rothe Blutkörperchen zerstörenden Stoff, z. B. Hydracetin subcutan injicirte, durch Bacterien septicämisch zu Grunde gingen. denen gegenüber sie sich sonst immun verhielten. Dass thatsächlich bei septischen Zuständen die Zahl der Erythrocyten sich in bedeutendem Maasse verringert, erweisen auch die Blutuntersuchungen von Roscher[2]).

Allein sind die Fäulniserreger nicht im Stande, das Bild typischer, septischer Processe zu erzeugen. Wie man in den meisten Fällen von septischen Zuständen, sowohl beim Menschen wie Thier, keine Spur von Fäulnis findet, so hat man umgekehrt in zahlreichen Fällen die Gelegenheit zu beobachten, dass es auch bei unzweifelhaften, lange Zeit anhaltenden Fäulnisvorgängen, z. B. im Respirationstractus oder den Genitalien, nicht zu einer septischen Allgemeinerkrankung mit ihrem für das Leben der Erkrankten oder für die Geniessbarkeit des Fleisches so gefährlichen Charakter kommt.

Wenn es beim Thierexperiment durch Injection von Faulflüssigkeiten, einem Gemisch von zahlreichen Mikroorganismen- gelingt, den Tod der Thiere durch Sepsis herbeizuführen, so findet man im Blute Bacterien, die nicht zur Gruppe der Fäulniserreger gehören und in Reincultur auch ohne die letzteren die Versuchsthiere septisch tödten.

Die Fäulnisbacterien und ihre Producte erleichtern nur die Infection. Allerdings kann man durch die einmalige Injection

1) Beiträge zur Lehre von der Septicämie. (Deutsche med. Wochenschrift, 1890, Nr. 24.)

2) Blutuntersuchungen bei septischem Fieber. (Inaug.-Dissertat., 1894, Berlin.)

abnorm grosser Mengen von fauligen Substanzen die Thiere in kürzester Zeit tödten, ohne dass es zu einer bacteriellen Invasion kommt. Hier war von vornherein die Menge der putriden, löslichen Stoffe so gross, dass ihre Resorption allein den Tod der Thiere »saprämisch« herbeiführte. Unter natürlichen Verhältnissen wird aber wohl selten die Aufsaugung so grosser Mengen von fauligen Stoffwechselproducten in einem Tempo stattfinden. Mit einer gewissen Reserve könnte man hier höchstens die unter dem Namen Botulismus gehenden Erkrankungen des Menschen anführen. Mit einer gewissen Reserve deshalb, weil man sich über die Natur des sogenannten Wurstgiftes bisher noch keine klare Vorstellung hat machen können. Dass man es stets mit einfachen Fäulnistoxinen zu thun hat, die als solche fix und fertig vom Consumenten aufgenommen werden, ist wohl nicht wahrscheinlich. Stutzig muss allein schon die so äusserst wechselnde Zeit machen, die bei den Wurstvergiftungen zwischen Aufnahme der fraglichen Nahrung und dem Eintritt der ersten Krankheitserscheinungen vergeht, und die von kürzester Zeit bis zu 5, ja 7 Tagen dauern kann. Zur Erklärung dieser auffallenden Erscheinung hat Eber[1]) die Meinung ausgesprochen, dass man es hier nicht mit fertigen Toxinen, sondern mit toxigenen Substanzen zu thun hätte, Stoffe, die erst durch die Kräfte des Stoffwechsels selbst giftige Eigenschaften erwerben. Nicht von der Hand zu weisen ist aber auch die schon von Nauwerk[2]) vertretene Annahme, dass diese schwankende Incubationszeit abhängig sei von verschieden starker Giftbildung, die durch die mit der Nahrung eingeführten »Fäulniskeime« erst innerhalb des Verdauungstractus stattfindet. Man wird der Wahrheit wohl näher kommen, wenn man statt »Fäulniskeime« den weiteren Begriff »Mikroorganismen« setzt. Denn es ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass in den fraglichen Würsten etc. wirklich pathogene Bacterien vorhanden sind. So züchteten ja Gaffky und

1) S. Ostertag, S. 346 u. 645.

2) Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege, Bd. VI, 166.

Paak[1]) aus den Pferdewürsten einen pathogenen Bacillus heraus und Johne[2]) hat bei der Massenerkrankung in Bischofswerda aus Knack- und Mettwürsten Stäbchen isolirt, die er mit dem Gärtner'schen Bacillus enteritidis für identisch hält. Allerdings hat man sich gewöhnt, jene Bacillen zu den Erregern der Fleischvergiftungen zu rechnen.

Wenn man aber in Erwägung zieht, dass gerade Fleisch und Organe, die von septisch afficirten Thieren stammen, also schon intra vitam pathogene Keime enthielten, so überaus schnell in Fäulnis übergehen, dann ist nicht zu leugnen, dass gerade von solchem Material hergestellte Fleischwaaren für die Entstehung von Botulismus ausserordentlich geeignet sind, und hier eventuell Fäulnisgifte mit pathogenen Bacterien in wechselnder Abstufung in Thätigkeit treten. So würde auch die wechselnde »Incubationszeit« eine Erklärung finden können, und weiter würde auch bei der doppelten, gehäuften Schädlichkeit die grössere Mortalität bei den Wurstvergiftungen gegenüber den Fleischvergiftungen verständlich werden.

Dass wirklich zwischen Fleisch- und sog. Wurstvergiftung eine Brücke geschlagen zu werden scheint, geht auch aus neuesten Untersuchungen von van Ermengem[3]) hervor. In Würsten, deren Genuss bei mehreren Personen Durchfall, Erbrechen und allgemeine Störungen verursacht hatte, und deren Consumption — von nur einigen Scheiben — der Sachverständige, verführt durch ihr gutes Aussehen, mit dem Tode bezahlen musste, fand v. Ermengem eine Bacterienart, die die grösste Aehnlichkeit mit dem bei einer Fleischvergiftung von Gärtner gefundenen Bac. enteritidis und dem vom Verf. selbst früher beschriebenen Fleischbacillus hatte. Auch aus den Stühlen und

1) Ein Beitrag zur Frage der sog. Wurst- und Fleischvergift. Arbeiten aus dem Kais. Ges.-Amt, VI, 159.

2) Bericht über das Veterinärwesen im Königreich Sachsen, 1894.

3) Untersuchungen über Fälle von Fleischvergiftungen mit Symptomen von Botulismus. Centralbl. f. Bact. u. Par., XIX, S. 442. — Contribution à l'étude des intoxications alimentaires. Archives de Pharmacodynamie, III. — Recherches sur des cas d'accidents alimentaires produits par des saucissons. Rev. d'Hyg., Bd. 18, p. 761.

inneren Organen des Verstorbenen wurde diese Bacterienart herausgezüchtet. Ohne die bacteriologische Untersuchung würden zweifelsohne diese Erkrankungen auf das Conto »Botulismus«, d. h. auf die Aufnahme fertiger, giftiger Stoffe geschrieben sein. Und doch gelang es hier, einen bekannten pathogenen Mikroorganismus, den Erreger von Fleischvergiftungen, aufzufinden, der mit der grössten Wahrscheinlichkeit bereits in dem verarbeiteten, von einem kranken Thiere herstammenden Material vorhanden war.

Des weiteren hatte v. Ermengem Gelegenheit, Fälle von Fleischvergiftung mit Symptomen von Botulismus zu studiren. Es handelte sich hier um das Fleisch eines scheinbar gut erhaltenen Schinkens ohne jede Fäulniserscheinung. Aus ihm züchtete Verf. einen pathogenen, streng anaëroben Mikroorganismus, den Bac. botulinus. Derselbe rief nach Verfütterung bei zahlreichen Thierarten die dem Botulismus eigenthümlichen Krankheitserscheinungen hervor, und wurde auch in der Milz eines der Schinkenvergiftung erlegenen Menschen nachgewiesen.

Es handelte sich also in diesen Fällen keineswegs um eine reine Intoxication mit in den Würsten und dem Schinken präformirten giftigen Substanzen, sondern man hatte es hier mit der Wirkung pathogener Mikrobien zu thun, die wie Thierexperiment und die bacteriologische Untersuchung der Gestorbenen erwiesen, im Stande waren, vom Verdauungstractus aus in den Organismus einzudringen. Weitere Untersuchungen werden im Stande sein, den etwa bestehenden Zusammenhang zwischen Fleisch- und Wurstvergiftung in manchen Fällen klar zu legen.

Bevor ich auf unsere eigenen, weiteren Untersuchungen eingehe, sollen diejenigen Publikationen, die seit meiner ersten Arbeit[1]) erschienen sind, einer gedrängten, zusammengefassten Besprechung unterzogen werden, und werde ich hie und da

1) Ueber eine im Fleisch gefundene infectiöse Bacterie. Archiv für Hygiene, 1894, Bd. XX.

kritische Betrachtungen miteinflechten. Die mehr bekannten oder weniger wichtigen Arbeiten werde ich nur streifen, die wichtigeren oder mehr unbekannten ausführlicher behandeln.

Wenn ich mit der Arbeit von Schröder[1]) beginne, so thue ich dies, trotzdem hierbei die bacteriologische Untersuchung wegen der späten Vornahme ein negatives Resultat hatte, neben der Chronologie aus zwei Gründen. Erstens, weil sich hier wiederum zeigte, dass die klinisch-makroskopische Beurtheilung für die Freigabe oder Beanstandung des Fleisches nicht in allen Fällen genügt, und zweitens, um an diesem Beispiel darzuthun, wie man, in diesem Falle der Autor, durch eine nicht statthafte Verallgemeinerung auf Vorschläge kommen kann, die allerdings radikal, aber bei ruhiger Beurtheilung der Verhältnisse entschieden abzuweisen sind.

Im vorliegenden Falle handelte es sich um das Fleisch einer Kuh, die nach Maul- und Klauenseuche ein schwer zu beseitigendes Klauenübel (Panaritium) — wie es im Attest des Thierarztes lautete — erworben, deren vollkommen normal aussehendes Fleisch aber freigegeben war. Auch an den Organen der Brust- und Bauchhöhle war nichts krankhaft verändert. Es erkrankten nach Genuss dieses Fleisches über 100 Personen, von denen eine starb.

Sowohl vom hygienischen Institut in Halle a. S., wie auch von Jeserich-Berlin wurde eine bacteriologisch-chemische Untersuchung angestellt, die aber, wie schon erwähnt, weil sie erst spät in Angriff genommen werden konnte, zu keinem Ergebnis führte.

Schröder hat sich nun in seinen Ausführungen zu der Schlussfolgerung verleiten lassen: Verbot jeglichen Verkaufes des von kranken Thieren stammenden Fleisches. Eine dergleiche Gewaltbestimmung ist aber überflüssig und nicht gerechtfertigt, und würde sicher eine kaum zu verantwortende national-ökonomische Schädigung bedeuten. Werden Bestimmungen, resp. Vorschläge hiezu nicht Fachleuten überlassen, die mitten in der Sache stehend sich einen umfassenden Blick für diese Verhält-

1) Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medicin, 1893, VI. Suppl.

nisse erworben haben, so hat man in der Praxis Reactionen zu gewärtigen, die jene illusorisch machen.

Die schon in meiner früheren Arbeit erwähnte, aber damals nicht vollendete Untersuchung über die Breslauer Fleischvergiftung im October 1893 hat ihren Abschluss in zwei Veröffentlichungen von Herrmann[1]) und Kaensche[2]) gefunden.

Aus diesen geht hervor, dass schon die directe bacteriologische Untersuchung des Fleisches, was auch hier ausdrücklich hervorgehoben werden soll, ein positives Resultat gab. In den, unmittelbar aus dem Fleisch angelegten Trockenpräparaten liessen sich die Breslauer Fleischbacterien in grosser Menge nachweisen. Diese Schnelldiagnose ist für die Praxis von grossem Werthe. Allerdings wird der positive Ausfall wesentlich von der Menge der vorhandenen Bacterien abhängen, und diese wird wiederum ceteris paribus grösser sein, je längere Zeit nach der Schlachtung verstrichen ist. Denn eine ganze Reihe der bisher gefundenen Erreger von Fleischvergiftungen ist im Stande, sich bei verhältnissmässig niedrigen Temperaturen im Fleisch zu vermehren. Auf dieser selben Eigenschaft beruht ja auch die oftmals beobachtete Thatsache, dass Fleisch von nothgeschlachteten Thieren, bald nach der Schlachtung genossen, keine oder nur geringe schädliche Wirkungen entfaltete, während das später genossene viel giftigere Eigenschaften eben wegen der inzwischen erfolgten Vermehrung der Krankheitserreger im Fleisch besass.

Lassen sich aber auch wegen der eventuellen Spärlichkeit die Bacterien im zu untersuchenden Fleisch nicht unmittelbar durch Ausstrichpräparate nachweisen, so ergibt das Gelatineplattenverfahren, wie auch der vorliegende Fall wiederum zeigt, bereits nach 24 Stunden ein positives Ergebnis. Das Wachsthum der Breslauer Bacillen auf Gelatineplatten ist typhusähnlich. Ich möchte hieran indess folgende Bemerkung anknüpfen. Es ist in dieser Bezeichnung nicht viel eingeschlossen. Ist es doch nicht gerathen, auf Grund des Aussehens der Colonien der erwähnen Art

1) Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene, Bd. IV, S. 211; auch ib. Jacobi, S. 82.

2) Zeitschr. f. Hygiene u. Inf.-Krankh., XXII, 1.

von Bacterien differentialdiagnostische Merkmale für Züchtungen an verschiedenen Orten u. s. w. aufstellen zu wollen. Die Grösse und Art der Ausbreitung der Colonien hängt so ausserordentlich viel von der Reaction des Nährbodens, wie Kaensche's Versuche (S. 60) ja selbst ergeben, und von der Feuchtigkeit der Oberfläche ab — abgesehen von der Temperatur, die sich ja überall ziemlich genau regeln lässt. Ihr Aussehen an der Oberfläche, ob schleierartig, bläulich, grau oder schliesslich mehr weiss, wird durch die Colonie selbst, d. h. wiederum durch die äusseren Wachsthumsverhältnisse bestimmt. Dieselbe Colonie kann alle diese Stadien durchlaufen und auf derselben Platte von einer Reincultur kann man an verschiedenen Colonien diese sämmtlichen Stadien beobachten. Je tiefer und weiter die Colonien liegen, desto dunkler werden sie an Farbe, die bis gelbbraun gehen kann, und ihre Form wird dann je nach dem kleineren oder grösseren, gleichmässigen oder ungleichmässigen Widerstand, den sie von dem sie allseitig umgebenden Nährboden erleiden, verschieden sein, kreisrund, abgeplattet, kugelförmig, oval, eiförmig, wetzsteinartig u. s. w. Auch diese Formbildungen sind also wechselnde. Es wird daher in dieser Beziehung nur ein direct vergleichendes Studium der verschiedenen Organismen von einer Person, zu einer Zeit und unter gleichen Umständen Werth haben.

Auf die näheren Eigenschaften der Breslauer Bacillen soll hier nicht eingegangen werden. Nur zwei Punkte, ihr Verhalten zu Zucker und ihre Giftbildung, möchte ich berühren. Verfasser gibt an, dass sowohl in 2 % Traubenzucker-, wie auch in Milch- und Rohrzuckerbouillon, was die Menge angeht, in der genannten Reihenfolge Gasbildung auftrete. In Betreff dieses Punktes werden wir nach den Smith'schen[1]) Erörterungen weiter unten eine nähere Besprechung bringen.

Die Bacillen produciren im Fleisch und in den Culturen Gifte, die durch Kochtemperatur ihre Wirksamkeit nicht verlieren.

1) Ueber Fehlerquellen bei Prüfung der Gas- und Säurebildung bei Bacterien und deren Vermeidung. (Centralbl. f. Bact. u. Par., Bd. XXII, S. 45.)

Für Fleisch ist die Dauer der Einwirkung des Kochens nicht angegeben. Für Bouillonculturen betrug dieselbe 2 Minuten. Die Bacterien werden hierdurch sicher abgetödtet. Alsdann starb eine Maus nach intraperitonealer Injection von 1 ccm dieser erwärmten Bouillon. Während des Lebens litt das Thier an schweren Durchfällen; post mortem liessen sich die Zeichen starker Enteritis nachweisen.

Holst[1]) führte die Untersuchungen bei der Massenerkrankung in Gaustad aus. Hier erkrankten 81 Personen nach dem Genuss eines Kalbsbratens. 4 Personen starben. Es konnte nicht festgestellt werden, ob das Thier, von dem das Fleisch herstammte, krank gewesen war. Bei den 4 Gestorbenen fand sich bei 3 in der Milz, bei einem in Darmulcerationen ein Bacillus, den Verfasser für identisch mit dem v. Ermengem'schen[2]) hält. Seine Toxine werden durch Kochen nicht zerstört.

Kuborn[3]) berichtet über eine Fleischvergiftung in Denis, die 30 Personen betraf, von denen neun starben, nachdem sie Fleisch von einer umgestandenen Kuh genossen hatten. Diese Vergiftung nimmt insofern einen besonderen Platz ein, als bei ihr als ursächliches Moment ein Coccus gefunden wurde. 5 Fleischproben ergaben übereinstimmend die Anwesenheit des Staph. pyog. flavus.

In Bischofswerda erkrankten vom 24.—27. Mai 1894 über 100 Personen nach dem Gebrauch vnn Knack- und Mettwürsten und auch in wenigen Fällen nach dem Genuss von rohem, gehacktem, bezw. gekochtem Rindfleisch. Das schädliche Fleisch stammte wahrscheinlich nach Johne[4]) von einer krank gewesenen

1) Bacteriol. Untersuch. anlässlich der Massenerkrankung in der Irrenanstalt zu Gaustad. (Norsk. Mag. f. Laegevidensk., 1894, Nr. 9.) Nach einem Ref. in der Zeitschr. f. Fleisch- u. Milchhygiene, Bd. V.

2) Recherches sur les empoisonnements produits par de la viande de veau à Morseele. (Travaux du laboratoire d'Hyg. et de Bactér. de l'Univ. de Gand, I, 1892.)

3) Ueber eine Fleischvergiftung, bedingt durch Staphylococcus pyogenes flavus. (Allg. med. Centr.-Ztg., 1894, Nr. 94.)

4) Johne, Eine Fleischvergiftung in Bischofswerda. Bericht über das Veterinärwesen im Königr. Sachsen, 1894.

Kuh her. Verfasser isolirte aus den Würsten einen Bacillus, den er auf Grund der Cultur- und Thierversuche für den Bacillus enteritidis anspricht.

Eine Reihe sehr interessanter, fruchtbringender Arbeiten zur Geschichte der Fleischvergiftungen hat van Ermengem geliefert.

Seit seiner ersten Veröffentlichung[1]) sind drei weitere Beiträge[2]) von ihm erschienen.

v. Ermengem hielt zunächst in der königl. belgischen Akademie einen zusammenfassenden Vortrag über die Vergiftungen durch Nahrungsmittel, in casu durch Fleisch und Fleischwaaren. Nachdem er die Hypothese der »Ptomaine«, die man früher schlechtweg als die Ursache der Vergiftungen bezeichnete, berührt hat, geht er im Besonderen auf die Rolle über, die die »Fäulnis« bei diesen Erkrankungen spielt. Wenn er auch nicht leugnet, dass sich in seltenen Fällen leichtere Erkrankungen nach dem Genuss von »angegangenem« Wild, Käse u. s. w. ereignet haben, so schreibt er der Fäulnis im allgemeinen nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Anders wäre es auch nicht zu erklären, dass bei der Häufigkeit, mit der in überzahlreichen Fällen bereits in Zersetzung begriffene Nahrungsmittel verbraucht werden, sich keine schädlichen Folgen zeigen. So führt er u. A. nach Navarre an, dass faulige Fische als bevorzugte Nahrung von 300 Millionen Indiern, Indochinesen, Malayen und Polynesiern straflos gegessen werden.[3])

1) a. a. O.

2) Des intoxications alimentaires. (Académie royale de médecine de Belgique, 1895.)

Recherches sur des cas d'accidents alimentaires produits par des saucissons. (Revue d'Hygiène, Bd. 18, Nr. 9.)

Untersuchungen über Fälle von Fleischvergiftung mit Symptomen von Botulismus. (Centralbl. f. Bact. u. Par., Bd. XIX, 12/13.) — Contribution à l'étude des intoxications alimentaires. Recherches sur des accidents à caractères botuliniques, provoqués par du jambon. (Arch. de Pharmacodynamie, III.)

3) Oben erwähnte Fische werden wohl wie das javanische Trasi (vergl. z. B. von der Burg, De Geneesheer in Nederlandsch-Indie, I, p. 167) nicht als Nahrungsmittel, sondern als würzender Zusatz zum Reis gebraucht, ähn-

Die »Fleischvergiftungen« stehen vielmehr mit den Krankheiten der Thiere in Verband, von denen das für die menschliche Gesundheit nachtheilige Fleisch herrührt. In ihm sind pathogene Organismen und ihre giftigen Stoffwechselproducte vorhanden. Das System der Nothschlachtungen übt eine besonders verderbliche Wirkung aus. Auch nach v. Ermengem's Erfahrung und kritischer Beurtheilung des vorliegenden Materials sind pyämische, septische und pneumo-enteritische Erkrankungen am meisten für die Schädlichkeit des Fleisches verantwortlich zu machen. Mit Recht wird hervorgehoben, dass Würste, Pasteten, Hackfleisch und ähnliche Waaren, die von solchen Thieren hergestellt werden, besonders gefährlich sind. Es kommt hierfür zweifelsohne der grössere Bacteriengehalt der verarbeiteten Eingeweide und des Blutes in Betracht; ein zweiter Grund ist aber auch der, dass so gut wie immer Fleisch als solches früher in den Verbrauch kommt als obige Fleischwaaren, und da es feststeht, dass die vorhandenen pathogenen Mikrobien sich postmortal, wie oben schon erwähnt, selbst noch bei niedriger Temperatur — bei 8 bis 9° — vermehren können, so ist es erklärlich, dass je längere Zeit bis zur Consumption verstreicht, desto giftiger das verarbeitete Thiermaterial wirken wird.

v. Ermengem hält alle Bacterien, die bei Massenerkrankungen nach dem Genuss von Fleisch kranker Thiere gefunden worden sind, als zur Gruppe des Bacterium coli gehörig und für Varietäten ein und desselben Organismus.

Um die Consumenten so weit wie möglich vor den schädlichen Folgen, die der Verbrauch von Material kranker Thiere mit sich bringen kann, zu schützen, schlägt v. Ermengem am Schluss seiner lehrreichen Abhandlung vor, Eingeweide und Abfälle sofort zu vernichten oder zu vergraben; Verkaufszwang des Fleisches kranker Thiere an Ort und Stelle, Verbot der Verarbeitung zu Pasteten oder noch sicherer vorherige Erhitzung

---

lich wie die scharfen Käse der europäischen Tafel. Mit welchen Zersetzungsprocessen man bei jenen und ähnlichen Speisen (z. B. den gegohrenen Eiern der Chinesen) und Speisezusätzen zu thun hat, ist bisher meines Wissens nicht genügend bekannt geworden. Forster.

im Dampfapparat. In verdächtigen Fällen empfiehlt er die von uns vorgeschlagene mikroskopisch-bacteriologische Untersuchung des Fleisches.

Bei der folgenden von v. Ermengem beschriebenen Massenerkrankung durch Fleischwaaren handelte es sich, wie oben schon kurz bemerkt, um die schädliche Wirkung von Würsten, die in Belgien unter dem Namen »Cervelas« gehen. Es sind dies aber keine Würste, die, wie aus den Referaten in den untenstehenden Zeitschriften[2]) abgeleitet werden könnte, mit den Cervelatwürsten Mittel- und Norddeutschlands übereinkommen. Sie werden nämlich schon kurz nach der Verfertigung frisch gegessen, wie es auch im vorliegenden Fall geschah. Sie haben eher Uebereinkunft mit grösseren »Frankfurter Würstchen«, nur dass sie roh genossen werden. Hier waren sie aus Schweinefleisch und etwas Rindfleisch hergestellt.

Es erkrankten im Ganzen 12 Personen, mehr oder weniger schwer, von denen eine starb. Die Incubationszeit betrug etwa 9—20 Stunden. Die Hauptsymptome waren Magenschmerzen, Leibkrämpfe, Erbrechen Diarrhöe, Kopfschmerz, Fieber, auch Delirien, Prostration und ein Muskelzittern, wie man es bei Muschelvergiftung beobachtet hat. Der Sachverständige, der nach dem Genuss von nur wenigen Scheibchen der fraglichen Würste nach 5 Tagen verstarb, hatte noch einen enorm stark eiweisshaltigen Harn und geringe Pupillenerweiterung. Die Section ergab bei ihm: Gastroenteritis acuta, Congestio et Degeneratio hepatis, Nephritis parenchymatosa acuta, Hyperämia pulmonalis.

Was hierbei noch bemerkenswerth erscheint, ist die Beobachtung, dass, wie früher schon einmal bei einer Fleischvergiftung von Gärtner festgestellt wurde, eine directe Uebertragung von Person zu Person stattfand. Der Mann einer Frau, die von den Würsten gegessen hatte, erkrankt war und mit ihm das Bett theilte, erkrankte ebenfalls unter denselben

---

1) a. a. O.

2) Centralbl. f. Bact. u. Par., XXI, S. 19. — Hygien. Rundschau, VII, S. 414.

Symptomen, trotzdem er nichts von den Würsten zu sich genommen hatte.

Die bacteriologische Untersuchung ergab, dass hier ein Mikroorganismus die Ursache der Erkrankungen war, der in seinen Eigenschaften mit den Bacillen anderer Fleischvergiftungen keine wesentlichen Unterschiede darbot.

Die Art der Infection der Würste, ob die pathogenen Bacterien ursprünglich schon im Fleisch anwesend waren, oder ob die Würste nachträglich inficirt wurden, oder ob schliesslich die Wurstdärme von einem kranken Thier abstammten, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Bei der Fleischvergiftung in Ellezelles[1]) begegnen wir zwei interessanten Thatsachen. Zunächst rief hier ein Schinken, der auch nicht die geringste Spur von Verderb zeigte, bei einer Reihe von Personen Krankheitserscheinungen hervor, die für »Botulismus« als charakteristisch galten. Und zum anderen Mal wurde hier als ursächliches Moment eine Mikrobie entdeckt, die vollständig verschieden ist von allen Organismen, die bisher bei, durch Nahrungsmittel verursachten Vergiftungen gefunden worden sind.

Die gastro-intestinalen Erscheinungen bei den Erkrankungen waren gleich Null oder nur sehr wenig ausgesprochen. Dafür dominirten nervöse Erscheinungen und besonders Gesichtsstörungen, so Störungen der Accomodation, Diplopie, Mydriasis und Ptosis. Zu gleicher Zeit entwickelte sich Dysphagie, Röthung und Trockenheit der bucco-pharyngealen Schleimhaut, Aphonie, hartnäckige Constipation. Der Grad der Erkrankungen war verschieden, und ihre Dauer zog sich lange hin. Zwei Personen starben.

Während dieser Schinken, der weder subjective noch objective Zeichen der Fäulnis darbot, so äusserst schädliche Wirkungen entfaltete, wurde der andere Schinken desselben Schweines, der aber zweifellos verdorben war, trotz gleicher Behandlung ohne jeden Nachtheil verzehrt. Ebenso war

---

1) a. a. O.

das übrige frische und gesalzene Fleisch des betr. Schweines straflos genossen worden. Es erwies sich aber, dass der schädliche Schinken am Boden des Pökelfasses gelegen hatte und allein vollkommen in der Lake untergetaucht war. Es waren hier die Bedingungen für ein anaërobes Wachsthum von Bacterien vorhanden.

Es gelang nun, sowohl aus den Organen eines Verstorbenen, wie aus dem Schinken direct einen bisher unbekannten Bacillus zu züchten. Er ist absolut anaërob, 4 bis 9 : 0,9 bis 1,2 μ gross, schwach beweglich und mit 4—8 wellenförmigen Geisseln versehen; er bildet Endosporen, verflüssigt Gelatine schnell, speciell bei Gegenwart von Dextrose. Laktose bleibt so gut wie unzersetzt. Die Colonien sind rund und bestehen aus durchsichtigen grossen, continuirlich in Strömungsbewegungen befindlichen Granulationen. Die Culturen haben einen ranzigen, aber keinen widerlichen Geruch. Das Temperaturoptimum liegt zwischen 20 und 30°. Dieser Bacillus bildet Toxine von einer ausserordentlichen Stärke, die nur mit derjenigen der Tetanusbacillen verglichen werden kann, — 0,0005 mg tödteten Kaninchen innerhalb 24 Stunden. Durch eine sehr kurze Erhitzung auf 100° verlieren die Toxine indessen jede Wirkung.

Prophylactisch ist noch von Wichtigkeit, dass bei Anwesenheit von 6% NaCl das Wachsthum der Bacillen vollkommen aufhört. Ordnungsgemässes Pökeln würde also sicheren Schutz verleihen.

Der Bacillus botulinus, wie Verfasser ihn nennt, ist für zahlreiche Thierarten pathogen. Die durch ihn hervorgerufenen Symptome sind identisch mit denen, welche bei Thieren beobachtet wurden, die von dem Schinken gegessen hatten oder die mit einer wässerigen Maceration desselben geimpft worden waren. Auch die bei den erkrankten Personen zur Entwicklung gekommenen Erscheinungen waren unleugbar mit denjenigen der Thiere verwandt.

Die Katze erwies sich bis jetzt als am geeignetsten für die experimentellen Untersuchungen. Die Erscheinungen bei ihr waren: beträchtliche und andauernde Mydriasis, Aenderung der

Pharyngeal- und Bronchialsecretion, verschiedene partielle Paresen, die sich u. A. kennbar machen durch Prolapsus der Zunge, Aphonie, Aphagie, croupartigen Husten, Retention des Harnes, der Fäces und der Galle. Bei der Taube entwickelten sich u. A. Parese der Flügel, Ptosis, Ungleichheit der Pupillen.

Kaninchen, Meerschweinchen und Affen sind ebenfalls sehr empfindlich. Sie können leicht per os vergiftet werden und zeigen ausgesprochene paretische Störungen.

Der Bacillus botulinus mit seinen so äusserst toxischen Eigenschaften spielt aller Wahrscheinlichkeit nach eine grosse Rolle bei den Erkrankungen mit nervösen, paretischen und paralytischen Erscheinungen, die gewissen, durch Nahrungsmittel hervorgerufenen Erkrankungen einen so charakteristischen Stempel aufdrücken. Obwohl er nach den bisherigen Versuchen nur selten in der Aussenwelt vorzukommen scheint, so findet er doch in manchen Nahrungsmitteln ein für ihn günstiges Medium.

So ist denn zum ersten Mal die Vergiftung mit botulinischen Erscheinungen durch exacte, experimentelle Versuche ihres bis dahin so mystischen Gewandes entkleidet worden und ist an Stelle der hypothetischen »Fäulnisgifte, Ptomaine und Alkaloide« ein wohlumschriebenes Kleinlebewesen mit seinen isolirbaren Toxinen getreten.

v. Ermengem hält dafür, dass das Gift seines Bacillus in die Gruppe von Körpern gehört, zu der das Diphtherie- und das Tetanusgift gerechnet wird. Das wirksame Princip konnte er durch Alkohol, Tannin- und Neutralsalze aus den Lösungen ausfällen.

Brieger und Kempner[1]) haben nach der von Brieger und Bär[2]) angegebenen Methode das Toxin des v. Ermengemschen Bacillus rein darzustellen versucht.

Sie brachten dasselbe nebst Albumosen — die Methode ist im Original nachzulesen — zur Ausscheidung. Bei weiterer

---

1) Beitrag zur Lehre von der Fleischvergiftung. (Deutsche med. Wochenschrift, 1897, Nr. 33.)

2) Dieselbe, 1896, Nr. 49.

Reinigung dieser Niederschläge wurden die Verluste an wirksamer Substanz aber so gross, dass von einer solchen abgesehen wurde. Einen wichtigen Beweis, dass dieses Botulismusgift in seiner chemischen Constitution dem Diphtherie- und Tetanusgift nahesteht, erblicken die Verfasser darin, dass es Kempner[1]) gelang, ein äusserst wirksames antitoxisches Serum darzustellen.

Bei den Versuchen mit faulendem Schweinefleisch und den verschiedensten Faulflüssigkeiten konnten die Verfasser nie einen dem Botulismusgift ähnlichen Körper finden. Wurde dagegen Schweinefleisch oder auch Fischfleisch, Milch etc. mit dem Bacillus botulinus inficirt, so gelang es stets, dasselbe zu gewinnen.

Bei Besprechung der bisher bei Fleischvergiftungen gefundenen Bacterien halten jedoch die Verfasser nicht diejenigen Massenerkrankungen auseinander, die nach dem Genuss von Fleisch kranker Thiere — die eigentlichen Fleischvergiftungen nach der üblichen Nomenclatur — entstehen, und solche, die nach dem Gebrauch von verdorbenen Fleischwaaren mit ganz anderen Krankheitssymptomen und mit viel grösserer Mortalität vorkommen, und die man als Botulismus bezeichnet.

Die Verf. sprechen bei der ersteren Art von Erkrankungen von »verdorbenem« Fleisch, in dem Bacterium coli-Arten massenhaft wuchern. Dem ist aber nicht so. Das Fleisch befindet sich hier bekanntlich nicht im Zustande des »Verdorbenseins«; es ist im Gegentheil der Nachdruck darauf gelegt worden, dass es in der Regel den Eindruck eines vollkommen normalen Fleisches machte. Wohl lassen sich in ihm aber schon unmittelbar nach der Schlachtung die von vielen Seiten beschriebenen pathogenen Bacterien nachweisen. Diese sind schon intra vitam in die Muskulatur eingedrungen. Mit Bezug auf sie kann von einer postmortalen Infection mit dem Stempel des Verdorbenseins gar keine Sprache sein. Die Auffassung der Verf., dass

1) Kempner und Pollack, Die Wirkung des Botulismustoxins (Fleischgiftes) und seines specifischen Antitoxins auf die Nervenzellen. Deutsche med. Wochenschr., 1897, Nr. 32.

die bisher bei den eigentlichen Fleischvergiftungen beschriebenen Bacterien mit der Vergiftung überhaupt nichts zu thun haben, entspricht daher gewiss nicht den thatsächlichen Verhältnissen. Das geht mit aller Klarheit, um ein Beispiel anzuführen, aus dem weiter unten vermeldeten Massenexperiment an Menschen von Poels und Dhont hervor. Die unzutreffende Auffassung der Verf. hat ihren Grund darin, dass sie frisches Fleisch von kranken Thieren und in Zersetzung begriffene Fleischwaaren mit ihrer verschiedenen Vorgeschichte und ihren sich anders abspielenden Folgen nicht in genügender Weise von einander trennen.

Silberschmidt[1]) beschreibt eine Fleischvergiftung, die nach dem Genuss von Ferkelfleisch, das bei der Fleischbeschau für »bedingt geniessbar« erklärt und zum Einsalzen und Räuchern empfohlen war, bei 7 Personen einer Familie eintrat, von denen ein 4½jähriges Kind starb. Das Fleisch wurde theils gekocht, theils ungekocht gegessen. Nach dem Genusse des ungekochten Fleisches waren aber die Krankheitserscheinungen heftiger. Das Fleisch stammte von Thieren ab, welche wegen Röthung der Haut und Erscheinungen eines Magendarmcatarrhes nothgeschlachtet waren. Aus denselben und den Entleerungen der Kranken wurde ein Bacillus isolirt, der in die Gruppe des Bacterium coli gehört. Er ist ein bewegliches Kurzstäbchen mit 4—8 Geisseln, entfärbt sich nach Gram und wird bei einer Temperatur von 58° abgetödtet. Es entwickelt sich starke Gasbildung in Traubenzuckerbouillon; Milchcoagulation tritt nicht ein und auch keine Säurebildung in den gewöhnlichen Nährböden. Die Culturen haben einen schwachen, etwas süsslichen Geruch, der von dem der Culturen des Bacterium coli commune leicht unterschieden werden konnte.

Die Verfütterung des Fleisches an Meerschweinchen, Ratten, Mäuse und Kaninchen hatte keine Resultate. Injection von Bouilloncultur ins Peritoneum führte den Tod von Meerschwein-

1) Ueber eine Fleischvergiftung. (Corresp.-Blatt für Schweizer Aerzte, 1896, Nr. 8.)

chen in 18—36 Stunden herbei. Mäuse und Kaninchen waren auch hier weit widerstandsfähiger. Obwohl, wie man sieht, die Virulenz des gefundenen Bacillus nur eine geringe war, besonders auch in Vergleich zu den bis jetzt bekannt gewordenen Fleischbacillen, spricht Verf. ihn doch als Erreger der Erkrankungen an.

Was zweifellos aus diesem und dem vorhergehenden Fall hervorgeht, ist die, in unserem Institute früher ausgeführte Versuche bestätigende Thatsache, dass Pökeln und Räuchern nicht im Stande sind, alle pathogenen Bacterien abzutödten, ja im v. Ermengem'schen Fall, vielleicht auch in dem von Silberschmidt, ist es sicher, dass selbst in der Lake noch eine Vermehrung stattgefunden hat.

In einem Privatkrankenhaus in Utrecht[1]) kamen im November 1895 innerhalb drei Wochen zwei Massenerkrankungen nach Fleischgenuss vor. Alle Personen, die von dem betreffenden Fleisch gegessen hatten, erkrankten unter den Erscheinungen des Brechdurchfalles und starker Apathie. Ein Todesfall trat nicht ein. Das Fleisch, welches die zweite Massenerkrankung verursacht hatte, kam zur Untersuchung. Nach der röthlichen Farbe zu urtheilen, war dasselbe nicht durchgebraten. Aus ihm wurden bewegungslose, 1—1 $^{1}/_{2}$: 0,4 μ grosse Stäbchen herausgezüchtet, die auch nach Gram färbbar waren. Gelatine wird nicht verflüssigt. Auf Bouillon ein weisses Häutchen mit verticalen Leistchen, weswegen Hamburger dieser Bacterie den Namen Bacillus cellulaeformans gab. Stichculturen in Agar Bürstenform. Auf gekochtem oder sterilisirtem Rind-, Kalb- und Pferdefleisch wuchsen die Bacterien unter Bildung eines weissen Rasens und unter Entwickelung von Ammoniak (Fäulnis?).

Weisse Mäuse starben nach der Fütterung in 2—4 Tagen unter den Erscheinungen einer Darmentzündung. Leber, Milz und Nieren waren stark vergrössert. Aus Milz und Darmkanal konnte das alte Mikrobium wieder herausgezüchtet werden. Eine Maus starb, nachdem sie von einer anderen verendeten gefressen hatte.

---

1) Hamburger, Bacillus cellulaeformans. Zur Bacteriologie der Fleischvergiftungen. (Zeitschr. f. Fleisch- u. Milchhygiene, VI, H. 10.)

Für Meerschweinchen und ein Kalb erwiesen sich die Bacterien als nicht pathogen. Bei einem Hunde führte die nach Chamberland filtrirte Bouilloncultur Apathie, frequente Defäcation und Appetitverminderung herbei. Auf 100° C. erwärmt, verliert filtrirte Bouilloncultur und inficirtes Fleisch seine Giftigkeit.

Hamburger hält es nicht für unwahrscheinlich, dass sein Bacterium ein Fäulnisbacterium sei. Es gelang ihm denn auch, dasselbe auf, im Laboratorium frei an der Luft gelegenem Fleisch aufzufinden. Es handelt sich ohne jeden Zweifel, sowohl in seinem Falle wie auch in dem Levy'schen[1]), um eine postmortale Infection nach »hygienischer Misshandlung« des Fleisches. Wenn Hamburger daher seinem Bacterium eine gewisse Verwandtschaft mit dem Levy'schen (Prot. vulg. Hauser) zuerkennen will, so könnte man dies zugeben, wenn er hierbei an die Varietät desselben, den Bacillus Proteus Zenkeri, denkt. Aber auf der anderen Seite ist es doch nicht angängig, bei den in jeder Beziehung grossen Unterschieden dasselbe denjenigen Bacterien gegenüber zu thun, die bei Fleischvergiftungen gefunden worden sind, welche nach dem Genuss von Fleisch kranker Thiere sich ereignet haben.

In einem zweiten Bericht[2]) an die Stadtverwaltung von Rotterdam theilen Poels und Dhont weitere Versuche mit, die sie mit den, von ihnen anlässlich der Rotterdamer Fleischvergiftung[3]) gefundenen Bacillen angestellt haben.

Herr Dr. Poels besass die Liebenswürdigkeit, mir auf meine Anfrage noch einige nähere Angaben über morphologische und biologische Eigenschaften dieser Bacillen zu machen, die in den bisherigen Publikationen nicht enthalten sind.

Die Rotterdamer Bacillen besitzen zwar eine deutliche, aber langsame Eigenbewegung. In Milch- und Rohrzucker enthaltenden Nährmedien findet keine, bei Anwesenheit von Traubenzucker eine sehr schwache Gasentwickelung statt. Bouillon mit Milch-

1) Archiv f. exper. Path. u. Pharmak., XXXIV.

2) Vleeschvergiftiging te Rotterdam. Tweede rapport van de deskundigen Dr. J. Poels en J. J. F. Dhont.

3) Siehe Basenau, Archiv für Hygiene, XX, S. 242 u. 284.

zucker wird nicht sauer, gewöhnliche Bouillon wird selbst stärker alkalisch. In Kochsalz-Peptonlösung kommt es zur Bildung von Indol. Milch wird nicht coagulirt. Das Wachsthum in Gelatineculturen ist übrigens auch hier so gut wie übereinstimmend mit dem Bact. coli commune.

Zunächst impften die Verf. einer 3½jährigen Kuh intrajugulär eine Emulsion von 6 kräftig gewachsenen Gelatineculturen in 12,5 ccm sterilem destillirten Wasser ein — eine Menge, die bei der angewandten Application enorm genannt werden muss. Das Thier starb denn auch nach ca. 14 Stunden, nachdem die Krankheitssymptome hauptsächlich in heftigen, schliesslich mit Blut untermischten Durchfällen, Steigen der Temperatur, erschwerter Athmung und Apathie bestanden hatten. Bei der Section ergaben sich die Zeichen einer ausgesprochenen hämorrhagischen Diathese. Leber und Nieren befanden sich in parenchymatöser Entartung, Milz etwas geschwollen. Peyer'sche Plaques und Mesenterialdrüsen geschwollen.

Die Bacillen waren in allen Organen, Blut und Muskeln anwesend.

Zwei weiteren 3jährigen Rindern wurde ⅓ ccm Culturflüssigkeit in eine Ohrvene, resp. Vena jugularis eingespritzt. Beide Thiere erkrankten mit Fieber, frequentem Puls und frequenter Athmung, Muskelzittern, Appetitmangel und etwas dünnerer Defäcation als normal. Nach zwei Tagen waren diese Erscheinungen indessen wieder verschwunden. Das zweite Rind wurde vier Tage nach der Einspritzung geschlachtet. Die bacteriologische Untersuchung ergab, dass zu dieser Zeit die Bacterien im Thierkörper nicht mehr vorhanden waren; die geimpften Medien blieben alle steril. Das Fleisch dieses Thieres wurde vom Personal des Schlachtviehhofes ohne jeden Nachtheil gegessen.

Um festzustellen, ob bei Anwesenheit von verhältnismässig nur wenigen Bacillen im Kreislauf im Moment der Schlachtung, doch durch eine postmortale Vermehrung eine grössere Giftigkeit des Fleisches entstehen könnte — worauf wir früher schon die Aufmerksamkeit gerichtet haben[1] —, impften die Verf. einem

1) a. a. O., S. 289—290.

Rinde eine geringe Menge Culturflüssigkeit in die Jugularis, tödteten es nach 20 Minuten mit der Schiessmaske und schnitten dann zum theilweisen Ausbluten den Hals ab. Unmittelbar darnach wurden Organe und Muskeln bacteriologisch untersucht. In Milz und Leber waren die Bacillen sehr sparsam anwesend; auch aus den Blutgefässen wurden sie gezüchtet. Ausserhalb derselben in den Muskeln konnten sie nicht aufgefunden werden. Ein Stück Fleisch aus der Lendengegend wurde steril entnommen und 72 Stunden bei 20° C. aufbewahrt. Alsdann war es indessen stark mit den eingeimpften Bacillen durchwachsen.

Das übrige Fleisch wurde bei niederer Temperatur — der Versuch wurde im Monat Februar gemacht — gehalten. Es fand aber eine deutliche Vermehrung der Bacillen statt. Die Verfasser haben nun mit diesem Fleisch noch folgenden Versuch an Menschen gemacht. »Nachdem wir«, so heisst es wörtlich im Bericht, »das Personal des Schlachtviehhofes mit unserer Ueberzeugung bekannt gemacht hatten, dass die schädlichen Eigenschaften des Fleisches wegen der verhältnissmäsig geringen Menge der Bacillen, die wir in den Muskeln fanden, nicht sehr gross sein konnten und wahrscheinlich nur einen leichten Magendarmcatarrh verursachen würden, beschlossen 53 Personen davon zu essen. Von diesen 53 Leuten wurden 15 nach dem Gebrauch des Fleisches krank. Kopfschmerz, Magendarmcatarrh und Leibschmerzen traten 12—18 Stunden nach dem Essen auf; bei einigen folgten stärkere Diarrhöen.«

Die Versuche der Verf. sind insofern von grossem Werthe, als ausser dem directen Beweis der Infectiosität für Menschen zum ersten Male an einem Schlachtthier experimentell bewiesen wurde, dass thatsächlich bei Anwesenheit von nur wenig Bacillen im Moment der Schlachtung dieselben sich im Fleisch selbst bei niedriger Temperatur vermehren können, woraus dann wiederum eine gesteigerte Gefährlichkeit des Fleisches resultirt. Die Verf. geben für ihre Bacillen selbst an, dass noch unter 5° C. zwar eine langsame, aber doch deutliche Entwickelung stattfindet. Die unterste Temperaturgrenze ist nicht angegeben.

Aus ihrer Erfahrung bestätigen die Verf. auch die Thatsache, dass Fleisch von kranken Thieren einer secundären Infection viel weniger Widerstand entgegensetzt, und dass diese letztere die Giftigkeit des Fleisches erhöhen, ja selbst erst verursachen kann.

Es werden dann noch einige weitere Fälle von Fleisch-, Fisch- und Wurstvergiftung mitgetheilt. Verschiedene Personen, die von einer Roulade gegessen hatten, erkrankten mit Erbrechen, Diarrhöen, Kopfschmerz und Fieber. Die Roulade war nach dem Braten ungefähr 24 Stunden an einem warmen Platze unter einem mit Essig getränkten Tuch aufbewahrt worden. Die Untersuchung ergab, dass zwischen zwei aneinandergrenzenden Lagen der Roulade sich ein mit blossem Auge sichtbarer Belag von zwei »nicht pathogenen« Bacterien gebildet hatte, die als Ursache der Erkrankungen angesprochen wurden. Eine dieser Bacterien gehörte in die Proteus-Gruppe. Dieselbe wurde auch in ziemlich dicker Lage unter der Haut eines gebackenen Fisches (Scholle) gefunden, nach deren Genuss — 24 Stunden nach dem Backen — die Consumenten unter Brechen, Diarrhöe und Leibschmerzen erkrankt waren.

Unter denselben Erscheinungen verlief eine weitere Fleischvergiftung, die durch unvollkommen gebratenes Fleisch verursacht wurde. Dies Fleisch war inwendig noch ganz roh. In demselben war in grosser Menge eine kleine, ovale Bacterie vorhanden, die morphologisch viel Uebereinkunft mit den Bacillen der hämorrhagischen Septichämie hatte, aber ohne ihre pathogenen Eigenschaften. Die Verf. glauben hier an eine praemortale, passive Infection. Unter passiver Infection verstehen sie die Einschleppung von »saprophytischen« Bacterien von irgend einer erkrankten Stelle aus in Blut, Organe und Fleisch. Sie meinen damit solche Bacterien, die keine specifischen, ansteckenden Krankheiten verursachen, sondern bei »putriden und traumatischen« Entzündungen und besonders als Begleiter bei localen Krankheitsprocessen auftreten. Wir wollen an dieser Stelle nicht darüber rechten, ob die Verf. dieser sog. passiven Infection nicht einen zu grossen Werth beilegen. Das Eine aber ist sicher, dass es vom Standpunkt der Fleischbeschau ganz gleichgültig ist, ob die bei der

bacteriologischen Untersuchung im Innern des Fleisches gefundenen Bacterien intra vitam infolge einer activen oder passiven Infection dorthin gelangt sind.

Den Verf. gelang es noch, nachzuweisen, dass ihre Bacillen den für ihre Vermehrung geeignetsten Boden in denjenigen Muskeln finden, die ein lockeres, intramuskuläres Bindegewebe haben, und dies ist im allgemeinen das Fleisch der besten Qualität.

Poels und Dhont sind warme Anhänger der bacteriologischen Fleischuntersuchung. Durch dieselbe gelang es ihnen, bei solchen Schlachtthieren, die an bestimmten Organen Abweichungen zeigten, auf Grund deren man aber nicht berechtigt war, ein Urtheil über die Genussfähigkeit des Fleisches abzugeben, aus dem Innern desselben mit den nöthigen Vorsichtsmaassregeln Bacterien zu züchten, die ohne Zweifel schädliche Eigenschaften besassen. Das Fleisch wurde ausschliesslich auf Grund dieses Befundes dem Verkehr entzogen. Sie sind der Meinung, dass die bacteriologische Fleischuntersuchung nothwendig an allen Schlachtviehhöfen eingeführt werden muss und mit keinem geringeren Recht als die bacteriologische Controle des Trinkwassers. Für diese warme Vertheidigung kommt den Verf. alle Anerkennung zu.

Günther[1]) beschreibt eine Fleischvergiftung in mehreren Ortschaften der Provinz Posen, bei denen eine grössere Anzahl Personen in 26—27 Familien nach dem Gebrauch von Schweinefleisch, Wurst und Blut aus derselben Bezugsquelle erkrankte. Die wesentlichsten Krankheitserscheinungen waren Leibschmerzen, Erbrechen, Durchfall, grosse Mattigkeit und Schwäche. Eine Person starb etwa 24 Stunden, nachdem sie sowohl Wurst wie gekochtes Fleisch und gebratenes Blut gegessen hatte. Dass der betreffende Knecht starb, muss der grossen Menge des schädlichen Materiales, das er zu sich nahm, zugeschrieben werden.

1) Bacteriologische Untersuchungen in einem Falle von Fleischvergiftung. (Archiv für Hygiene, Bd. XXVIII, H. 2.)

An den beschlagnahmten Wurst- und Fleischproben konnte der zuständige Kreisthierarzt nichts Abnormes constatiren. Es konnten auch keine Anhaltspunkte gefunden werden, dass die Fleischwaaren von kranken oder verendeten Thieren herrührten. Sechs Tage nach dem Beginn der Erkrankungen wurde im hygienischen Institute zu Berlin die bacteriologische Untersuchung verschiedener eingesandter Objecte, die zum Theil schon Fäulnis zeigten, begonnen. Aus den Proben, wie Organstücke des Verstorbenen, Fleisch, Blut und verschiedene Würste, züchtete Günther im Ganzen 15 Bacterienstämme, die zum grössten Theil in die Gruppe des Bact. coli, in die Proteus- und Fäulnisgruppe einrangirt werden konnten. In der Leber und in der Milz des Verstorbenen wurde aber ein Mikroorganismus aufgefunden, den Verf. nach eingehendem Studium für den Bac. enteritidis anspricht.

Dies sind die bisher bei Fleischvergiftungen gemachten bacteriologischen Untersuchungen. Das Facit derselben soll in den Schlussbetrachtungen dieser Abhandlung gezogen werden. Nur noch einmal möchten wir hier betonen, dass mit nur einer Ausnahme — in dem von Kuborn[1]) — in allen Fällen als Erreger der Erkrankungen Organismen aufgefunden worden sind, die den Stäbchenbacterien zugerechnet werden müssen, und dass wiederum nur mit einer Ausnahme — bei der Vergiftung in Ellezelles[2]), die aber auch wegen der botulinischen Krankheitserscheinungen eine Sonderstellung einnimmt — Mikrobien gefunden sind, die einen ausserordentlich hohen Grad von Verwandtschaft unter einander besitzen.

Wir haben nun in unserem Institute Gelegenheit gehabt, innerhalb zweier Jahre aus dem Fleisch von Schlachtthieren, die an den verschiedensten Krankheiten gelitten hatten, eine Reihe von Bacterien zu züchten, welche intra vitam in dasselbe eingedrungen waren, alle einen mehr oder weniger hohen Grad

1) a. a. O. 2) a. a. O.

von Pathogenität besassen und trotz der mancherlei Schwankungen in ihren physiologischen Eigenschaften unleugbar, sowohl untereinander wie mit der ganzen Gruppe der schon bekannten, pathogenen Fleischbacterien grosse Uebereinstimmung zeigten.

In den Rahmen der Mittheilungen hierüber gehören auch die Untersuchungen, die wir während der letzten Jahre mit den zuerst von uns im Fleische gefundenen pathogenen Bacillen, für welche damals der Name Bacillus bovis morbificans vorgeschlagen wurde, angestellt haben. Hierbei handelte es sich in erster Linie um ein tieferes Eindringen in dessen biologische Eigenschaften. Da wir in jener Zeit die Absicht hatten, eine besondere Arbeit über die Differentialdiagnose für den, dem Bacterium coli commune und dem Bacillus typhi nahestehenden Bac. bovis morbificans zu veröffentlichen, so wurden die Versuche mit diesen drei Mikroorganismen gleichzeitig angestellt. Eine vergleichende Untersuchung von verwandten Bacterien, wenn es sich hierbei auch um schon zum Theil in den letzten Jahren von anderer Seite festgestellte Thatsachen handelt, ist immer von Interesse; denn die wie anderwärts, so auch in unserem Laboratorium gemachten Erfahrungen weisen mehr und mehr darauf hin, dass speciell das »Colibacterium« mit seinen anscheinend vielfach wechselnden Eigenschaften nicht so selten vorkommende Mikroorganismen umschliesst, welche durch besondere bleibende Eigenschaften voneinander wohl unterschieden werden können. So sollen denn auch die Ergebnisse, die wir mit dem Bact. coli und dem Typhusbacillus erhielten, miterwähnt werden.

Um den Gang der Verhandlungen später nicht zu stören, mögen die letztgenannten Versuche zuerst mitgetheilt werden.

Bei der vergleichenden Betrachtung der drei oben erwähnten Bacterien wird nicht näher auf ihre morphologischen Eigenschaften, die ja gerade hier einen so wenig durchschlaggebenden Factor darstellen, eingegangen werden. Erwähnt mag in dieser Beziehung nur werden, dass der Bac. bovis morbificans 10—12 und mehr, rings um seinen Körper gelagerte Geisseln besitzt, die nach Löffler's Verfahren leicht dargestellt werden können,

und dass, was die früher umstrittene Locomotionsfähigkeit des Colibacillus angeht, die Erfahrungen im Forster'schen Institut dahin gehen, dass dem dahier vorkommenden eine Eigenbewegung, wenn auch weniger energisch als den andern beiden Mikrobien, zukommt. Es ist uns weiter stets der markante Unterschied in der Wachsthumsenergie aufgefallen, der zwischen dem Typhusbacillus einerseits, dem Colibacillus und mit ihm dem Bac. bovis morbificans andererseits, bei Züchtungstemperaturen zwischen etwa 18—24 ° C. besonders in Gelatinestrichculturen besteht. Bei diesen nach 24 Stunden bereits ein kräftiger, dickbreiter Belag, bei jenem nur ein viel schmälerer, durchsichtiger Strich. Bei vergleichenden Untersuchungen kann dieses Unterscheidungsmerkmal wegen seiner Constanz mit herangezogen werden. Polkörner und Fadenbildung wie beim Typhusbacillus sind bei unseren Fleischbacillen nie zur Beobachtung gekommen.

Die Parallelversuche bezogen sich im Uebrigen auf folgende Punkte: Verhalten in Milch, Verhalten zu Trauben-, Milch- und Rohrzucker, Indolbildung, Nitritbildung, Verhalten zu Lakmus, Bildung von Beyerinck'schen Athmungsfiguren und Wachsthum in Löffler'scher Bouillon mit Formalin in verschiedener Concentration. Sodann wurde noch unter genau gleichen Bedingungen die Resistenz gegen Wärme geprüft. Zum Schlusse reihe ich noch einige Versuche ein, welche im Institute von Prof. Forster zu Strassburg durch Herrn Dr. Bruns über die inzwischen bekannt gewordene Agglutination nach Gruber mit den gleichen Bacterien gemacht wurden.

Die verwendeten Culturen hatten folgende Provenienz. Von den beiden Typhusculturen stammte die eine aus der Milz eines an Febris typhoidea im hiesigen städtischen Krankenhause verstorbenen Mannes und war schon seit Jahren im Laboratorium weitergezüchtet; die zweite war eine frische Cultur, die aus der Leber einer an Typhus im städtischen Wilhelmina-Krankenhaus gestorbenen Frau gewonnen war. Bei dieser Gelegenheit konnten wir uns überzeugen, dass die Anreicherung von nur wenigen Bacterien in vorzüglicher Weise dadurch gelang, dass wir ein

unter allen Cautelen aus der Leber entnommenes Stück in eine sterile Glasschale brachten und bei 37° hielten. Während die Ausbeute der Typhusbacillen in den direct an der Leiche angelegten Platten nur eine geringe war — von ca. 130 mg Substanz nur 5 Colonien — hatte innerhalb 24 Stunden im Brütschrank in dem Leberstück eine sehr starke Vermehrung stattgefunden. Aus den verfertigten Platten konnte berechnet werden, dass jetzt in derselben Menge Substanz ca. 8000 Colonien vorhanden waren. Andere Mikroorganismen sind nicht gefunden worden.

Von den Culturen des Bacterium coli rührte die eine aus gesundem, menschlichem Darm, die andere aus den Fäces einer normalen Kuh her.

Der Bacillus bov. morb. war aus der Leber eines unter den bekannten Veränderungen eingegangenen Meerschweinchens gezüchtet.

Um bei den nachfolgend beschriebenen Culturen die Züchtungsbedingungen für die gebrauchten Bacterien möglichst gleichmässig zu machen, wurden zunächst für die Parallelversuche stets gleichzeitig bereitete Nährmedien verwendet. Sodann wurden bei der Züchtung Culturröhrchen nicht offen in den Brutschrank gestellt, sondern in Gläser mit überhängenden Glaskappen gebracht, welche ungefähr zu einem Drittel mit Wasser gefüllt waren. Die Bedingungen der Ernährung, Athmung, Verdampfung und Temperatur waren somit für die gleichzeitigen Versuchsreihen die gleichen.

Die Milchculturen wurden bei 37° und 24° C. gehalten. Das Resultat war: Coagulation der Milch durch Bacterium coli bei 37° in durchschnittlich 2 Tagen, bei 24° in 4 Tagen. Keine Gerinnung weder bei Bacillus typhi noch beim Fleischbacillus. Beobachtungszeit 14 Tage. In den letzteren Culturen war die Milch mehr durchsichtig und gelber geworden. Um das Uebersehen auch einer Gerinnung in äusserst feinen Flöckchen auszuschliessen, filtrirte ich auf Rath Herrn Prof. Forster's durch mehrfache Lagen guten Filtrirpapieres. Auch hierdurch konnte eine Gerinnung nicht festgestellt werden.

Für die Zuckerversuche wurde folgende Nährflüssigkeit verwendet: destillirtes Wasser mit 1% Pepton, 1% NaCl und je 4% Trauben-, Milch- und Rohrzucker, schwach alkalisirt mit Natriumcarbonat. Die Gase wurden aus den Gährungskolben, die mit gut schliessenden Gummipfröpfchen versehen waren, durch eine doppelt, erst nach abwärts, dann wenig nach aufwärts gebogene, im Anfang mit Wattebäuschchen beschickte Glasröhre unter Quecksilber in graduirten Cylindern aufgefangen. Bei allen späteren Gasversuchen wurde die gleiche Versuchsanordnung angewandt. Die Temperatur bei diesen Versuchen betrug 33°. Es ergab sich, dass in den Gährungskölbchen mit Bacterium typhi keine Gasentwickelung stattfand. Dagegen war durch das Bacterium coli in allen Culturen eine Gasbildung bewirkt worden. Die Gasmengen betrugen hier nach 3 Tagen für Traubenzucker ca. 40, für Milchzucker ca. 12 und für Rohrzucker ca. 8 ccm. Der Bacillus bovis morbificans hatte nur in den Traubenzuckerculturen eine Gährung verursacht. Die Quantität des Gases konnte hier nach 3 Tagen auf ca. 20 ccm bestimmt werden.

Was mir bei den letzteren Culturen noch besonders auffiel, war die starke Bildung von flüchtigen Schwefelverbindungen (H_2S), die sich subjectiv deutlich durch den Geruch und in prägnanter Weise objectiv durch die fast vollkommene Schwarzfärbung von Bleipapier kundgab. Diese Erscheinung war bei Bacterium coli viel schwächer und beim Typhusbacillus waren nur Andeutungen davon vorhanden. Da die Versuche vollkommen gleichmässig und gleichzeitig vorgenommen wurden, erscheint mir diese starke Bildung von S-Verbindungen nicht ohne Bedeutung. Ich weiss nicht, ob diese Eigenschaft der Fleischbacillen auf Grund der Eber'schen Versuche[1]) vielleicht praktisch bei der Beurtheilung von Fleisch nothgeschlachteter Thiere von Nutzen sein kann. Jedenfalls möchte ich hier aber die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt lenken. Eber will ja noch in einem besonderen Aufsatz auf die chemische Diagnose verendeter

1) Ueber chemische Reactionen des Fleisches kranker Thiere. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene, 1897, H. 11/12.

und nothgeschlachteter Thiere zurückkommen. Wie ihm nach seiner Meinung schon der Nachweis einer Anhäufung von leicht spaltbaren Schwefelverbindungen in Organen tuberculöser Thiere gelungen ist, so könnte sich vielleicht auch ein Zusammenhang zwischen obiger Thatsache und den Reactionen nothgeschlachteter kranker Thiere ergeben.

Es ist hier der Platz, auf die oben angedeuteten Smith-schen[1]) Bemerkungen über Gasbildung einzugehen. Smith geht von der Thatsache aus, dass in dem zur Bereitung der Bouillon verwendeten Fleisch wechselnde Mengen von Zucker enthalten sein können, und dass Fleischzucker wirklich in den meisten Fällen vorhanden ist. Hierauf sei von den verschiedenen Autoren bei ihren Gährungsversuchen nicht geachtet worden. In dieser Hinsicht kann man Smith nur Recht geben, und es ist dankbar anzuerkennen, dass er wiederum mit Nachdruck auf diesen so oft vernachlässigten Punkt hingewiesen hat. Er wird es mir aber nicht verübeln, dass ich seinen Gedankengang nicht ganz logisch finde, wenn er erstens verlangt, dass zuckerfreie Bouillon für die Prüfung der Gasbildung gebraucht wird und nachdem eine solche Bouillon unsererseits verwendet wurde, mir dann zweitens vorzuwerfen, dass eine »fehlerhafte Versuchs-anordnung« vorliege. Dass unsere Bouillon sehr zuckerarm oder zuckerfrei war, geht aus der in vielfachen und modificirten Versuchen ausbleibenden Gasbildung hervor. Die Versuchsanordnung war also eine richtige und mit ihr auch das Resultat, dass thatsächlich das Bacterium coli und der Bacillus bovis morb. in einfacher Bouillon kein Gas bilden. Dass wir bei der Besprechung der Dunbar'schen Gährungsversuche mit dem Bacterium coli, deren Ergebnisse mit den unserigen nicht übereinstimmten, wohl an eine andere Zusammenstellung der Culturflüssigkeit als Ursache dieser Verschiedenheit gedacht haben, geht aus der von uns gemachten Bemerkung hervor, »dass das von Dunbar benutzte Bacterium coli oder seine Nährmedien andere Eigenschaften besassen als die unsrigen«.

1) Ueber Fehlerquellen bei Prüfung der Gas- und Säurebildung bei Bacterien und deren Bedeutung. Centralbl. f. Bact. u. Par., XXII, S. 45.

Es ist nicht anzunehmen, dass das von uns zur Bouillon verarbeitete Fleisch jedesmal nur Spuren oder keinen Zucker enthielt. Es kam auch nie alt zur Verarbeitung. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass die Art der Zubereitung der Bouillon, wie sie im Forster'schen Laboratorium stattfand, in dieser Beziehung von Einfluss gewesen ist. Zu meinem Bedauern habe ich nicht mehr die Gelegenheit gehabt, dieser Sache experimentell näher zu treten. In kurzen Worten war die übliche Herstellung der Bouillon folgende:

1 kg frisches Rindfleisch wurde gehackt und mit 2 l Wasser versetzt. 24 Stunden bei Keller-Temperatur. Alsdann Flüssigkeit abgeseiht und Rückstand ausgepresst. 15 Minuten gelindes Kochen bei 100°. Filtration, Zufügung von 1% Pepton und ½% NaCl, Neutralisirung mit Na(OH), Alkalisirung mit Na_2CO_3, nochmalige Filtration. Sterilisation 1 Stunde bei 110°. Prüfung der Reaction. Filtration, Vertheilung in Kolben und letzte Sterilisation während 1 Stunde bei 110°. Es ist nun nicht unmöglich, dass die längere erhöhte Temperatur verändernd auf den Fleischzucker eingewirkt hat.

Dieser selbe Factor, der Mangel oder die nur spurweise Anwesenheit von Fleischzucker in unserer Bouillon ist auch die Ursache gewesen, dass wir bei der Darstellung von Diphtherietoxinen in grösserem Maassstabe in unseren Bouillonculturen keine saure Reaction auftreten sahen. Ich habe zu verschiedenen Zeiten nach der Impfung der Bouillon hunderte von Kolben auf ihre Reaction geprüft. Ich konnte wohl öfter eine Abnahme der Alkalescenz, aber nie ein Sauerwerden constatiren. Die Giftigkeit der dargestellten Toxine war denn auch durchweg eine hohe. In jener Zeit gelang es Spronck[1]) und Turenhout[2]) nachzuweisen, dass das Sauerwerden der Diphtheriebouillonculturen in der That von der im Fleisch enthaltenen Glucose abhängt.

Zur Feststellung der Indolbildung wurde die Koch'sche Peptonlösung in Pasteur'schen Kölbchen mit etwa 25 ccm Flüssigkeit verwendet. Es wurden je 8 Kölbchen mit den drei

1) Annal. de l'Inst. Past., T. IX.

2) Over de bereiding van diphtheriegif. Inaug.-Dissert., Utrecht, 1895.

Bacterien beschickt und bei 37° gehalten. Von Tag zu Tag wurde je ein Kölbchen aus dem Brutschrank genommen und auf Indol in der Weise geprüft, dass zuerst 1 ccm einer 0,02 proc. Kaliumnitritlösung und dann nach leichtem Schütteln vorsichtig längs der Glaswand etwa 2 ccm Schwefelsäure zugesetzt wurden. Man erhält so im positiven Falle auf der Grenze zwischen Schwefelsäure und Culturflüssigkeit eine intensiv rothe Lage. Fügt man zuerst Schwefelsäure und dann Nitrit bei, so wird die Reaction weniger schön. Das Ergebnis war folgendes:

Bacillus typhi stets negativ, Bacterium coli Indol nach 24 Stunden, jedoch am stärksten nach 3tägigem Wachsthum. Bacillus bov. morb. erst am 3. Tage schwache Indolbildung, die am 6. Tage ihr Maximum erreicht. Eine folgende Versuchsreihe, bei der nur Schwefelsäure zugesetzt wurde, ergab bei allen drei Bacterien nie Rothfärbung. Eine Nitritbildung war also auch beim Bacterium coli, das ja in manchen Fällen die Nitrosoindol-Reaction geben soll, bei unseren Versuchen durch die obige Methode nicht nachzuweisen. Indol wird also auch von unseren Fleischbacillen gebildet, allerdings nicht in dem Maasse und erst in älteren Culturen als beim Bacterium coli.

Zur Prüfung der Reductionskraft wurde Löffler'sche Bouillon mit Lakmus benutzt. Es zeigte sich, dass von den drei Bacterienarten der Bacillus bov. morb. das stärkste Reductionsvermögen besitzt. Die Entfärbung, die bei 37° schneller eintritt als bei 24°, beginnt in der Tiefe und schreitet allmählich nach oben fort. Im oberen Drittel der Röhrchen ist aber die Entfärbung eine Zeit lang keine continuirliche, sondern es wechseln wolkenartig durcheinander blaue und entfärbte Stellen ab. Nach völliger Entfärbung wird die Flüssigkeit nach einigen Tagen durch den Einfluss der Luft von oben wieder blau. Diese kräftige Reductionsfähigkeit steht im Einklang mit der starken H_2S-Bildung des Bacillus — ist ja die letztere in vielen Fällen auch nur eine Reductionserscheinung.

Beim Bacterium coli ging die Entfärbung weniger intensiv vor sich, beim Typhusbacillus war dieselbe sehr schwach und fand nur im untersten Theil des Röhrchens statt.

Die nach der Methode Beyerinck's[1]) gemachten Versuche zur Darstellung von »Bacterienniveau's und Athmungsfiguren« wurden so eingerichtet, dass in Reagenzröhrchen, auf deren Boden sich ca. 1 ccm Nährgelatine befand, mit Lakmus gebläute 0,7 proc. alkalische Kochsalzlösung in einer Menge von 10 ccm gebracht wurde. Die Bläuung mit Lakmus geschah deshalb, um dort, wo gemäss der Sauerstoffspannung und des Nährmateriales sich etwaige Bacterienringe bildeten, durch das Reductionsvermögen der Bacterien auf Lakmus jene schärfer zur Darstellung zu bringen. Nach der Impfung wurden die Röhrchen in die Kappengläser gebracht und bei 37° gehalten.

Trotz der vorher gleichmässigen Vertheilung des Impfmateriales war nach 24 Stunden bei allen drei Bacterienarten nur unmittelbar in der Nähe der Gelatine eine Entwickelung eingetreten. Ein Unterschied liess sich nur insoweit constatiren, als dieselbe beim Bacillus typhi am schwächsten, beim Bact. coli am stärksten war; der Fleischbacillus hielt die Mitte. Nach weiteren 24 Stunden repräsentirte sich folgendes Bild.

Bei den Typhusculturen schwebte etwa 2 cm über der Gelatine eine einzige Bacterienscheibe; über und unter ihr war die Flüssigkeit vollkommen klar, unter ihr war die blaue Farbe erblasst, über ihr herrschte der alte Farbenton.

Beim Bacillus bov. morb. waren die Culturen bis 1 cm über der Gelatine klar und entfärbt. Nach oben zu befanden sich bis zu 3 cm von der Gelatine drei deutlich von einander getrennte Bacterienniveaus, die sich auch als vollkommen entfärbte Ringe dem Auge darboten. Ausserdem war aber jetzt in der ganzen übrigen, noch blaucn Flüssigkeitssäule eine eben wahrnehmbare diffuse Trübung eingetreten.

Beim Bacterium coli war das Bild ein wesentlich anderes. Hier war eine deutliche diffuse Trübung der Flüssigkeit bis zur Oberfläche vorhanden, nur eine, 1 cm hohe Schicht unmittelbar über der Gelatine war vollständig klar. Die ganze untere Hälfte war entfärbt, die obere blau.

---

1) Centralbl. f. Bact. u. Parasit., XIV, S. 837.

Am 3. Tage war der Typhusring bis etwa in die halbe Höhe des Röhrchens gestiegen, in manchen Culturen waren jetzt, ca. 1 cm von einander entfernt, zwei Ringe vorhanden. Constant war diese Doppelbildung nicht, auch die Höhe der Ringe war keine ganz gleichmässige. Immerhin war der Unterschied mit den Culturen der beiden anderen Bacterien frappant. Hier waren jetzt die Flüssigkeitssäulen in ihrer ganzen Länge stärker getrübt und bis fast an die Oberfläche heran entfärbt. Während man aber beim Bacterium coli kaum hie und da stärkere Bacterienanhäufungen wahrnehmen konnte, zeigten sich beim Bacillus bov. morb. in der oberen Hälfte vier bis fünf deutlich abgesetzte Ringe.

In den folgenden Tagen änderte sich das Bild nur in der Weise, dass die Typhusniveaus nach oben stiegen; sie blieben aber immer noch ein Drittel der Säulenhöhe von der Oberfläche entfernt, und nie fand eine makroskopisch wahrnehmbare Entwickelung ausserhalb der »Athmungsfiguren« statt. In den anderen Culturen traten keine besonderen Veränderungen mehr ein, nur beim Bacillus bov. morb. wurde die Ringezeichnung allmählich verwischt.

Ich glaube, dass derartige gleichzeitig angestellte Versuche für die Feststellung von biologischen Unterschieden zwischen Typhus- und ähnlichen Bacterien nicht ohne Werth sind. Wenn auch die Bilder in den Röhrchen gleicher Art nicht ganz übereinstimmten, so war doch die Differenz, was die Intensität der Vermehrung, das Streben zur Oberfläche und die gleichzeitige Reductionswirkung auf Lakmus angeht, zwischen dem Bacterium coli und dem Bacillus bov. morb. einerseits und dem Typhusbacillus andererseits auffallend und constant.

Die Formalinversuche wurden folgendermaassen eingerichtet. 10 ccm Formalin (40 %) wurden mit 1000 ccm destillirtem Wasser gemischt. Hiervon wurde 1 ccm gegeben in 70 ccm Löffler'scher Bouillon, 2 ccm in 100, 2,6 in 100 und 3,4 in 100 ccm. Es wurden so Concentrationen von 1 : 7000, 1 : 5000, 1 : 4000 und 1 : 3000 erhalten. Je drei Reagenzröhrchen, in die mit steriler Pipette 10 ccm der verschiedenen Lösungen gebracht war, wurden mit

den drei Bacterienarten geimpft, mit Gummikappe verschlossen und in den Brutschrank bei 37° gesetzt.

Bei der Concentration von 1:3000 blieben alle Röhrchen steril; bei 1:4000 kam nur der Bac. bovis morbificans nach 4 Tagen auf; bei 1:5000 ebenfalls nur der letztere nach 3 Tagen; bei 1:7000 war Entwickelung bei diesem nach 26 Stunden sichtbar, bei Bact. coli erst nach 2 Tagen, die Typhusculturen blieben steril.

Um die äussersten Grenzen für die beiden letzteren Bacterien festzustellen, wurden in einer zweiten Versuchsreihe Lösungen von 1:6000, 1:8—14000 hergestellt. Bact. coli entwickelte sich auch in 1:6000 nicht mehr. Die Typhusbacillen wuchsen erst bei 1:13000 nach 3 Tagen aus.

Der Fleischbacillus setzt also der Einwirkung von Formaldehyd den bei weitem grössten Widerstand entgegen. Er kommt noch bei einer Concentration von 1:4000 zur Entwickelung, während das Bact. coli dies erst bei einer solchen von 1:7000 und der Typhusbacillus bei 1:13000 thut.

Auch gegenüber höheren Temperaturen marschirt der Bac. bovis morbificans an der Spitze. Die nach der Methode Prof. Forster's[1]) ausgeführten Erwärmungsversuche ergaben für ihn eine Abtödtung, wenn er während einer Minute auf 70° erwärmt gehalten wurde. Die Temperaturgrenze lag bei gleicher Versuchsanordnung für den Colibacillus bei 63°, für Bac. typhi bei 60° C.

Nachdem inzwischen die Agglutinationsreaction Gruber's zur Unterscheidung von Bacterien bekannt geworden war, erschien es wünschenswerth, unsere Fleischbacillen auch in dieser Hinsicht zu prüfen. Diesbezügliche Versuche wurden im Laufe des Sommers 1897 in dem hygienischen Institute zu Strassburg durch den Assistenten von Prof. Forster, Herrn Dr. Hayo Bruns, ausgeführt. Nach den erhaltenen Mittheilungen wurde ein Kaninchen mit 2 Oesen einer Bouilloncultur von Bac. bovis morbificans, welche 3 Minuten lang auf 56° gehalten worden war, geimpft, und dem Thiere nach 5 Tagen Blut zur Gewinnung seines

1) Siehe bei van Geuns, Archiv für Hygiene, Bd. IX, 369 und bei de Man, Dasselbe, Bd. XVIII, 143.

Serums entnommen. Von dem Serum wurden je 1, 2, 4 und 8 Tropfen mit 100 Tropfen Löffler'scher Bouillon gemengt, diese sofort mit den unten bezeichneten Bacterien geimpft und nach 12—15 Stunden makroskopisch das eventuelle Eintreten der Gruber'schen Agglutination nachgegangen. Für die mikroskopische Prüfung wurde je die gleiche Menge Serum den 24 Stunden alten Bouillonculturen zugesetzt, und dann beobachtet. Die erhaltenen Resultate sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, worin das Zeichen + das Eintreten, das Zeichen — das Ausbleiben der Agglutinationserscheinungen für die im Kopfe der Tabelle angegebenen Verhältnismengen des Serums zu den Culturen angibt. Die Controlculturen zeigten gutes Wachsthum und gleichmässige Trübung der Bouillon.

Tabelle I.

	1 zu 100	1 zu 50	1 zu 25	1 zu $12^1/_2$
1. Makroskopisch:				
Bac. bovis morbificans	+	+	+	+
» enteritidis Gaertner	—	—	—	?
» coli communis	—	—	—	—
» Typhi Eberth	—	—	—	—
2. Mikroskopisch:				
Bac. bovis morbificans	?	+	+	+
» enteritidis Gaertner	—	—	—	—
» coli communis	—	—	—	—
» Typhi Eberth	—	—	—	—

Das Serum des mit Bac. bovis morbificans geimpften Thieres übt sonach wohl auf Bac. bovis morbificans, dagegen nicht auf andere, diesen ähnlichen Bacterien specifische agglutinirende Wirkungen aus.

Es mögen hier in Kürze die bisher noch nicht beschriebenen Eigenschaften des Bac. bovis morbificans zusammengestellt werden.

Derselbe bildet Indol, gibt aber mit Schwefelsäure keine Nitroso-Indolreaction. Er vergährt Traubenzucker, dagegen Milchzucker und Rohrzucker nicht. Er ist ein starker Bildner von flüchtigen Schwefelverbindungen und besitzt eine intensive Reductionskraft für Lakmus. Die Wachsthumsgrenze in Formal-

dehydlösungen liegt für ihn bei 1 : 4000. Seine Tenacität in alten Bouillonculturen ist eine ausserordentliche. Im Sommer 1897 impfte ich aus einem Kolben, der 3 Jahre lang in einem Zimmerschrank gestanden hatte, auf Gelatine über. Nach 24 Stunden waren die Culturen zur kräftigen Entwickelung gekommen. Wenn man in kräftig gewachsene Bouillonculturen steriles Kochsalz im Ueberschuss gibt und hiervon täglich in Löffler'sche Bouillon überimpft, konnte festgestellt werden, dass nach 4 Tagen die Bacterien abgetödtet waren. Gut entwickelte Agarstriche, die mit einer Lage Kochsalz bedeckt wurden, lieferten noch nach 10 Tagen lebende Bacillen, nach 11 Tagen war auch hier die Abtödtung eingetreten.

Bevor ich auf die Beschreibung der weiter von uns angestellten Fleischuntersuchungen eingehe, möchte ich hier an erster Stelle Herrn Prof. Forster für die stetige Unterstützung mit Rath und That bei allen Versuchen meinen warmgefühlten Dank aussprechen. Auch dem Hauptinspector am hiesigen Schlachtviehhof, Herrn van der Sluijs, danke ich herzlich für sein Interesse und für die Zuvorkommenheit, mit der er uns das geeignete Material für die Untersuchungen mit den nöthigen Angaben zukommen liess.

I. Fall. Peritonitis perforativa.

So erhielten wir zuerst (October 1894) ein ca. 2 kg schweres Stück Fleisch aus der Glutaealgegend eines Kalbes. Dasselbe war auf den Schlachtviehhof angeführt worden und hatte hier einige Tage im Stall gestanden. Es wurde alsdann lustlos, zeigte Neigung zum Liegen und weigerte das Futter. Da das Thier zunehmend Zeichen schwerer Erkrankung zeigte, wurde es nothgeschlachtet. Man fand Perforation eines Ulcus rotundum im Labmagen, in dem noch mehrere Geschwüre vorhanden waren. Omentum, Diaphragma und Bauchwand war mit fibrinösem Exsudat bedeckt. Fäulnisvorgänge waren nicht vorhanden. An den Organen war nichts Abnormes zu finden. Das Fleisch hatte ein gutes, normales Aussehen.

Wenn man dieses Kalb ausserhalb des Schlachtviehhofes geschlachtet, das Exsudat entfernt und es dann mit allen Organen, Leber, Milz, Nieren, Lungen und Herz angeführt hätte, so würde man, falls nicht die entzündliche Röthung des Peritoneums auffällig gewesen wäre, keine positiven Handhaben gehabt haben, um auf Grund der makroskopischen Untersuchung das Fleisch dem Verkehr zu entziehen. Ganz anders aber würde das Urtheil nach bacteriologischer Untersuchung gelautet haben. Der vorliegende Fall ist auch noch insofern von Interesse, als es nicht durchweg in der Praxis üblich ist, das Fleisch von Thieren mit Perforativperitonitis zu beanstanden.

Das uns aus der kühlen Fleischhalle des Schlachthauses zugeschickte Fleisch, das etwa 24 Stunden nach der Schlachtung zur Untersuchung kam, hatte eine normale, röthliche Farbe, Consistenz und Reaction. In der üblichen Weise[1]) wurde die directe mikroskopische und culturelle Untersuchung ausgeführt. Ausserdem wurden Mäuse mit rohen und mit, eine Stunde bei 100° behandelten Fleischstückchen gefüttert.

In den mit Methylenblau unmittelbar aus dem Fleisch gefärbten Trockenpräparaten kamen in nicht allzu grosser Anzahl kurze, schlanke Stäbchen zu Gesicht, die in ihrem ganzen Aspekt an die »Fleischbacillen« erinnerten.

Auf der ersten Gelatineplatte[2]), die mit etwa 250 mg Substanz angelegt war, kamen etwa 2000 Colonien zur Entwickelung. Das würde für 1 g Fleisch 8000 und für eine mittlere Fleischmahlzeit von 200 g 1600000 Bacterien ergeben. Die Anzahl der im Fleische vorhandenen Mikrobien war hier nicht einmal eine so besonders grosse. Für das Fleisch, aus dem wir damals den Bac. bovis morbificans züchteten, konnten wir die Menge der in 1 g enthaltenen Organismen auf ca. 187500 berechnen. In diesem Fall würden mit einer Mahlzeit etwa 37,5 Millionen der pathogenen Bacterien in den Verdauungstractus gelangt sein. Das sind ganz erkleckliche Mengen.

1) a. a. O., S. 247, 293.

2) Die nach Prof. Forster's Methode hergestellte Gelatine kann ohne die Gefahr einer Verflüssigung bei 24° aufbewahrt werden.

Die Colonien hatten übrigens nichts Besonderes. Man kann sie einfach als Bacterium coli-artig bestempeln. Andere Colonien waren nicht aufgekommen. Auch die verfertigten, tiefen Gelatinestiche und Agarstriche ergaben dieselben Bacterien. Dieselben repräsentirten sich als Stäbchen von gleicher Form wie die direct aus dem Fleische gefärbten. Ihre Grösse war etwa 1,2 : 0,4 μ, ihre Enden waren abgerundet und sie lagen oft zu zwei aneinander. Die Bacterienleiber färbten sich gleichmässig. Nach Gram trat Entfärbung ein. Sporen wurden nicht gebildet.

Um bei der Beschreibung der verschiedenen, aus Fleisch kranker Thiere gezüchteten Mikroorganismen nicht immer in Wiederholungen zu verfallen, werde ich ihre morphologischen und biologischen Eigenschaften in einer Tabelle zusammenstellen und in den Text nur das aufnehmen, was mir besonders bemerkenswerth erscheint.

Wir haben das Füttern von Mäusen in der Ueberlegung ausgeführt, dass wir hierdurch zu einer raschen Beantwortung der Frage kämen, ob durch die Einwirkung der Kochtemperaturen die Giftigkeit des Fleisches aufgehoben werde. Da hierdurch die pathogenen Bacterien sammt und sonders abgetödtet werden, so kam diese Behandlung schliesslich darauf hinaus, dass so festgestellt werden konnte, ob in dem Fleisch toxische Substanzen anwesend waren, die durch Einwirkung einer Temperatur von 100 ° C. nicht zerstört wurden. Wie aus der vergleichenden Betrachtung der Fleischvergiftungen hervorgeht, war durchweg das roh genossene Fleisch schädlicher als das zubereitete, und dann wurden einmal Bacterien gefunden, deren toxische Produkte durch Kochen in ihrer Wirksamkeit nicht alterirt wurden, und das andere Mal solche, deren Giftigkeit durch eine dergleiche Behandlung vollkommen aufgehoben wurde.

Die Mäuse eignen sich für diese Versuche ausgezeichnet, weil sie bei allen bisher experimentell erforschten Fleischvergiftungen sich als ausserordentlich und constant empfänglich erwiesen haben.

Das Ergebnis bei unserem ersten Fütterungsversuche war, dass die zwei Mäuse, die von dem rohen Kalbfleisch gegessen

hatten, nach ca. 2 Tagen zu Grunde gingen, während die mit dem gekochten Fleisch gefütterten Mäuse absolut keine Störungen ihres Wohlbefindens zeigten.

Die Section ergab bei den gestorbenen Mäusen: Gastroenteritis, Ansammlung von leicht rother Flüssigkeit in der Peritoneal-, Pleural- und Pericardialhöhle, Milz vergrössert, Leber in's Graue spielend verfärbt und weich.

Aus allen Organen, aus Herzblut und Muskeln konnten die obigen Bacterien herausgezüchtet werden.

Um grössere Gewissheit über das Fehlen oder Vorhandensein der Bildung von toxischen Stoffen durch die isolirten Mikrobien zu erhalten, filtrirte ich 10 Tage alte, kräftig gewachsene Bouillonculturen einerseits durch Chamberland-Filter, andererseits setzte ich sie einer Temperatur von 70° während 10 Minuten aus, wodurch die Bacterien sicher abgetödtet wurden. Von diesen beiden Flüssigkeiten impfte ich Mäusen je 1 ccm subcutan und intraperitoneal ein. Ausserdem durchknetete ich mit der erwärmten Bouilloncultur Brodstückchen, mit denen zwei Mäuse gefüttert wurden. Alle Thiere blieben gesund. Dieses Resultat deckte sich mit dem ursprünglichen Fütterungsergebnis. Es war hierdurch ausgemacht, dass toxische Stoffe in nachweisbaren Mengen durch diese Bacterien nicht gebildet werden, und dass das Kalbfleisch gekocht oder gut durchbraten mit der grössten Wahrscheinlichkeit ohne Nachtheil hätte verbraucht werden können. Auf der anderen Seite stand es aber ebenso fest, dass in ihm pathogene Bacterien enthalten waren, die, durch eine unzweckmässige Zubereitung der Speise nicht abgetödtet, der menschlichen Gesundheit hätten schädlich sein können.

Es fragt sich nun, welche praktischen Consequenzen sich aus diesem Fall ziehen lassen. Vorerst ergibt sich, dass man in keinem Fall von Perforativperitonitis die Sicherheit des Unschädlichseins des Fleisches hat. Hieran würde auch dadurch nichts geändert werden, dass man das Thier schon bald nach der Perforation abschlachtet. Wenn auch Versuche über die Schnelligkeit des Eindringens der Bacterien vom Peritoneum aus beim Rind mit Ausnahme des einzigen von mir gemachten

Versuches an einer Kuh[1]) nicht gemacht sind, so konnte ich doch in letzterem feststellen, dass die in die Peritonealhöhle eingeimpften Bacterien sich nach ca. 17 Stunden im Blute nachweisen liessen. Wahrscheinlich wird das auch schon nach kürzerer Zeit der Fall sein. Denn wir konnten durch eine Reihe von ad hoc angestellten Versuchen den Beweis erbringen, dass bei Meerschweinchen nach intraperitonealer Injection bereits nach 45 Minuten sich die Bacterien aus dem Blut herauszüchten lassen[2]). Man hat also bei Perforativperitonitis auch schon bald nach dem Durchbruch mit der Möglichkeit zu rechnen, dass Bacterien im Säftestrom und so auch in den Organen und Muskeln circuliren. Es ist anzunehmen, dass der Organismus vermöge seiner Abwehrvorrichtungen über eine gewisse Menge eindringender Bacterien eine Zeitlang Meister bleiben wird. Das wird aber wiederum von seiner Widerstandskraft abhängen, die sich vorab schwerlich bestimmen lässt. Aus dieser Betrachtung folgt, dass das Fleisch eines jeden, wegen Peritonitis perforativa nothgeschlachteten Thieres verdächtig ist und daher beanstandet werden muss. Die bacteriologische Untersuchung allein kann bei negativem Ausfall für die Freigabe des Fleisches bestimmend sein.

II. Fall. Febris puerperalis paralytica.

Dieser Fall (November 1894) beansprucht insofern ein besonderes Interesse, als es sich hier um eine Kuh handelt, die nach den Krankheitssymptomen an Febris puerperalis paralytica gelitten hatte. Diese Kuh hatte im Stalle des hiesigen Schlachtviehhofes selbst gekalbt. Schon kurz nach dem Partus offenbarten sich die Erscheinungen der »Gebärparese« und die Kuh wurde deshalb auf Rath des Herrn Hauptinspectors v. d. Sluijs nothgeschlachtet, ca. 12 Stunden post partum. An den Organen waren keine pathologischen Veränderungen wahrzunehmen, dagegen hatte das Fleisch kein normales Aussehen, sondern war

1) Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse etc. (Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 78.)

2) a. a. O., S. 53.

dunkelbraun verfärbt, eine Farbe, die nicht allein vom mangelhaften Ausbluten abhing.

Die Aetiologie der paralytischen Form des Gebärfiebers, der Gebärparese, ist noch strittig. Im Allgemeinen fasst man diese Erkrankung als eine Vergiftung auf. Aber wodurch und wo die Giftstoffe gebildet werden, in dieser Beziehung ist man über Hypothesen, so geistreich sie sein mögen, noch nicht hinausgekommen. Dass Remy's Leucomaïne oder Eber's toxigene Substanzen hier eine Rolle spielen, ist noch unerwiesen.

Ich weiss nicht mit Sicherheit, ob es sich im vorliegenden Falle um eine reine Gebärparese oder um eine vielleicht nur wenig ausgesprochene Complication mit septischem Gebärfieber gehandelt hat. Das Fehlen von augenfällig wahrnehmbaren Veränderungen an den Organen und auch am Uterus spricht nicht absolut dagegen. Klinisch waren aber bestimmt die Symptome der »Gebärparese« vorhanden.

Es ist nicht unsere Absicht, den in diesem Falle von uns im Fleisch gefundenen Bacillus als den Erreger des paralytischen Gebärfiebers zu proclamiren, obwohl ohne allen Zweifel die Bacterien intra vitam in den Organismus eingedrungen sind. Dass aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, erhellt daraus, dass diese Stäbchen, wie unten beschrieben werden wird, mit einer nicht geringen Fähigkeit der Giftbildung begabt sind. Dazu kommt noch, dass in einem weiteren Fall von Gebärfieber ein durchaus ähnlicher Mikroorganismus gefunden worden ist.

Obwohl es in der Regel üblich ist, das Fleisch von Thieren mit Gebärparese unter Declaration freizugeben, weil man die Krankheit auf Grund praktischer Erfahrungen als eine für die menschliche Gesundheit unschädliche Vergiftung auffasst, wurde doch dieses Fleisch wegen seiner auffallenden Verfärbung nicht ohne weiteres zum Consum zugelassen. Und so kam es zur Untersuchung. Der Gang derselben war der alte.

In den direct aus dem Fleisch verfertigten Trockenpräparaten waren nur spärlich schlanke Stäbchen, in Form und Grösse mit anderen Fleischbacillen übereinstimmend, vorhanden. Aus den Gelatineplatten ergab sich, dass in einem Gramm Fleisch

ungefähr 1000 Bacterien enthalten waren. Die mit rohem Fleisch mittags gefütterten Mäuse wurden bereits am anderen Morgen früh todt im Käfig gefunden; die mit eine Stunde gekochten Fleischstückchen gefütterten Thiere waren und blieben gesund. Die Section ergab bei den Gestorbenen: Zeichen heftiger Enteritis Leber erschien blasser, Milz dunkler als normal und vergrössert. In Blut und Organen waren durch Cultur dieselben Stäbchen wie im Fleisch nachweisbar.

Nach dem Lebenbleiben der mit gekochtem Fleisch behandelten Thiere schienen auch diese Bacillen nicht im Stande zu sein, Toxine zu bilden. Aber Versuche mit durch Chamberland filtrirten und 10 Minuten auf 70° erwärmten, kräftig bei 37° 10 Tage lang gewachsenen Bouillonculturen führten zu einem anderen Ergebnis. Alle mit diesen letzteren Flüssigkeiten subcutan und intraperitoneal eingeimpften Mäuse gingen zu Grunde, und zwar bei Injection in's Unterhautbindegewebe bei kleineren Dosen als bei Application in die Bauchhöhle. Es starben die Thiere bei subcutaner Impfung von 1 ccm filtrirter Cultur nach ca. 18 Stunden, bei der gleichen Menge erwärmter Cultur in der Regel früher. Bei Einspritzung von 1 ccm in's Peritoneum trat der Tod nach durchschnittlich 30 Stunden ein. Die geringste letale Dosis des Filtrates war 0,25 ccm. Die erwärmte Bouillon zeigte eine etwas stärkere Giftigkeit, die in dem früheren Tod der Versuchsthiere zum Ausdruck kam. Der Tod ereilte dieselben dort nach 3—4, hier nach 2—3 Tagen für die angegebene Menge.

Während des Lebens zeigten die Thiere schon einige Stunden nach der Impfung eine ausgesprochene Hinfälligkeit, breiige Defäcation und dort, wo die Mäuse in der letzten Zeit ihres Lebens beobachtet werden konnten, lähmungsartige Erscheinungen an den hinteren Extremitäten. Ein ähnliches Krankheitsbild konnte auch Kaensche[1]) an Mäusen bei Einspritzung der durch die Breslauer Fleischbacillen gebildeten Toxine feststellen. Die Section ergab nicht stark ausgesprochene enteritische Verände-

---

1) a. a. O.

rungen und ab und zu ein Exsudat in den serösen Höhlen. An den Organen war sonst nichts Abnormes wahrzunehmen.

Da die mit dem ursprünglichen, gekochten Fleisch gefütterten Mäuse am Leben geblieben waren, so musste jetzt nach den gemachten Erfahrungen geschlossen werden, dass die toxischen Stoffe durch die einstündige Erhitzung auf 100° ihre Kraft verloren hatten. Um diesen Punkt klar zu legen, wurden mit dem Filtrat Erwärmungsversuche angestellt; diese führten zu dem Ergebnis, dass durch eine 15 Minuten lange Behandlung auf 100° das Filtrat vollkommen seine Wirksamkeit verliert, aber eine Einwirkung von 10 Minuten die toxische Kraft noch nicht aufhebt.

Es wurde also hier in einem Fall von Gebärfieber mit den klinischen Symptomen der Gebärparese ein Mikroorganismus im Fleisch gefunden, der wenn auch nicht mit einer sehr starken, so doch mit einer ausgesprochenen Toxinbildung begabt ist. Bei dem häufigen Vorkommen der »Gebärparese« wird man anderen Ortes wohl in der Lage sein, gleichartige Untersuchungen ausführen zu können. Es wird sich alsdann zeigen, ob auch die »Gebärparese« eine bacterielle Krankheit ist, und ob die von uns gefundenen oder ähnliche Mikrobien eine ätiologische Rolle spielen.

III. Fall. Pyaemia chronica.

Ein weiteres, bacteriologisch zur Untersuchung gekommenes Fleischstück (April 1895) stammte von einer Kuh, die mit chronischer Pyämie behaftet war. Dieselbe war lebend auf den Schlachtviehhof angeführt und dort geschlachtet. Bei der Besichtigung fanden sich Heerde in Lungen, Leber, Milz und Nieren.

Das Fleisch war sehr stark sauer, von gutem Geruch, doch von dunklerer Farbe und feuchter als normal. In den, aus ihm direct hergestellten Trockenpräparaten kamen Organismen zu Gesicht, von denen mit Sicherheit nicht auszumachen war, ob es kurze Stäbchen oder Doppelcoccen waren. Neben dem Anlegen von Gelatine- und Agarplatten, Bouillon und tiefen Stichculturen wurden in diesem Fall je 2 Meerschweinchen und 2 Mäuse mit

frischem und mit 1 Stunde gekochtem Fleisch gefüttert und mit zerriebenem rohen Fleisch subcutan geimpft.

In den angelegten Culturen kam übereinstimmend nur eine Bacterienart zur Entwickelung und zwar kleine Stäbchen, die wiederum in ihrem Aussehen und in ihrer Wachsthumsweise mit anderen Fleischbacterien übereinkamen. Eine Eigenthümlichkeit, die bis jetzt von uns bei den letzteren nicht in gleichem Maasse beobachtet worden war, zeigte sich bei diesen Stäbchen darin, dass bei Färbung mit Anilinwasserfuchsin die Mitte sich nicht färbte, jedoch nur bei den Culturen, die bei 37° gewachsen waren. Hierauf beruht es auch wohl, dass in den Fleischpräparaten die Stäbchen an Doppelcoccen erinnerten. Die Menge der in einem Gramm Fleisch anwesenden Mikrobien liess sich auf etwa 600 berechnen.

Das eine der beiden subcutan geimpften Meerschweinchen starb nach 4, das andere nach 5 Tagen. Die gleicher Weise behandelten Mäuse gingen nach 3 Tagen zu Grunde. Die mit rohem Fleisch gefütterten Mäuse erlagen nach ca. 5, die Meerschweinchen nach 10 resp. 12 Tagen.

Die Section ergab: Bei den subcutan geimpften Meerschweinchen: Ungemein starke Verdickung und hämorrhagische Infiltration des subcutanen Bindegewebes von der Impfstelle (innere, hintere Schenkelfläche) ausgehend; dasselbe war stellenweise weich, gallertig und bis graubraun verfärbt. Bei dem einen Thier reichte diese Infiltration auf der Impfseite fast bis zum Halse heran. Sonst war nichts Abnormes zu finden. Bei den subcutan geimpften Mäusen: Nur eine starke seröse Infiltration an der Impfstelle. — Bei den gefütterten Meerschweinchen und Mäusen war das Bild ungefähr dasselbe: Im Darmkanal nur eine wenig ausgesprochene Röthung; Leber sehr weich, dunkel und in ihr eine Anzahl grauweisser Heerde bis zur Grösse eines Streichholzköpfchens; Milz stahlblau und geschwollen. Im Pericardialsack ab und zu seröse Flüssigkeit.

Die mit gekochtem Fleisch gefütterten Thiere zeigten keine Krankheitserscheinungen.

Von den Impfstellen, aus Blut und Organen, wurden die gleichen Stäbchen wie aus dem Fleisch herausgezüchtet. Es handelte sich also hier um eine septicämische Ueberschwemmung des Organismus mit theilweiser Metastasenbildung.

Die wie früher angestellten Versuche zur Erforschung etwaiger Toxinbildung führten zu einem negativen Ergebnis. Aus diesem Grunde und weil die Bacterien durch Kochtemperatur unmittelbar abgetödtet werden, wäre nach zweckmässiger Zubereitung das Fleisch dieses Thieres nach aller Berechnung für die menschliche Gesundheit ohne Nachtheil gewesen. Es ist auf dem hiesigen Schlachthofe denn auch üblich, in geeigneten Fällen das Fleisch von mit chronischer Pyämie behafteten Thieren nach Sterilisation im Henneberg'schen Kessel dem Eigenthümer freizugeben. Freibank oder Verkauf unter Declaration hat man hier nicht.

Eine besondere Eigenschaft der in diesem Falle gefundenen Bacterien verdient aber noch alle Erwähnung. Das ist ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Zuckerarten. Als ich behufs ihrer Einwirkung auf die letzteren eine Nährflüssigkeit aus Wasser mit 1 % Pepton und ½ % Kochsalz und je 4 % Trauben-, Milch- und Rohrzucker, mit Natriumcarbonat schwach alkalisch gemacht, mit ihnen impfte und bei 33 ° brachte, hatten sich nach 3 Tagen aus den Traubenzucker-Culturen ca. 40 ccm, aus den mit Milchzucker ca. 3 ccm und auffallender Weise aus den Rohrzuckerkölbchen, mit 150 ccm Nährflüssigkeit, ca. 50 ccm Gas entwickelt. Diese Erscheinung war mir so überraschend, dass ich sofort drei frische Gährungskölbchen mit je 150 ccm Rohrzuckernährlösung impfte und bei 33° aufbewahrte. Nach einem Tage hatten sich schon in jedem Kolben ca. 45 ccm, nach 3 Tagen ca. 60 ccm Gas gebildet. Noch wurden von derselben Nährflüssigkeit drei Kolben mit je 150 ccm beschickt und mit diesen Bacterien, dem Bact, coli und dem Bacillus bov. morb. geimpft. Das Resultat war, dass bei jenem nach dreitägigem Wachsthum ca. 55 ccm, beim Colibacillus ca. 7 ccm und bei letzterem kein Gas vorhanden war.

Die ca. 450 ccm Culturflüssigkeit des obigen zweiten Versuches wurden unter dem Drucke einer Atmosphäre durch Cham-

berlandkerzen filtrirt und das Filtrat mit Fehling'scher Lösung geprüft. Es trat keine Reduction ein. Ein Theil des sterilen Filtrates wurde mit Salzsäure behandelt. Alsdann trat eine kräftige Reduction ein. Ein anderer Theil des Filtrates, das stark sauer reagirte, wurde alkalisch gemacht und mit dem Bacillus bov. morb., der bekanntlich Glucose vergährt, geimpft. Es trat eine starke Entwickelung aber keine Gasproduction ein. Welche Art der Umsetzung des Rohrzuckers durch die vorliegenden Bacillen schliesslich stattgefunden hat, konnte einstweilen nicht definirt werden. Es ergibt sich aber aus den Versuchen, dass eine Zerlegung des Rohrzuckers in direct gährungsfähige Hexosen in nachweisbarer Menge nicht vorhanden gewesen ist.

Ein besonderes Interesse gewinnt diese starke Vergährung des Rohrzuckers durch unsere Fleischbacillen, die aus einem Thier mit chronischer Pyämie gezüchtet waren, noch dadurch, dass auch in einem Fall menschlicher Erkrankung ein gleicher Bacillus mit dieser auffallenden Wirkung auf Rohrzucker gefunden worden ist. Die Krankengeschichte[1]) war kurz folgende: Fr. D., 23 Jahre alt, wird am 11. Dec. 1894 plötzlich mit heftigen Schmerzen in der rechten Seite krank. Hierzu kamen Uebelkeit, Appetitlosigkeit, Schlaflosigkeit und Fieber mit Schüttelfrösten. Schon seit 4 Wochen vorher klagte sie über häufiges und schmerzliches Uriniren. Bei ihrer Aufnahme ins Krankenhaus, Abtheilung von Herrn Professor Korteweg, machte Patientin den Eindruck einer Schwerkranken; anämisch, Fieber bis zu 40° etc. In der rechten Bauchgegend ein elastischer, schmerzhafter Tumor, dessen Grenzen nicht deutlich abzupalpiren sind. Bei bimanueller Untersuchung bekommt man den Eindruck des Ballotements. Der Harn enthält Eiweiss, Eiterkörperchen, aber keine Cylinder. Es wird zur Operation geschritten. Beim Blosslegen der Niere zeigt sich diese vergrössert und weich elastisch. Das Nierenbecken ist nicht erweitert. Nirgends grössere

1) Der derzeitige Assistent des Herrn Prof. Korteweg, Herr ter Braak, wird in seiner Dissertation auf diesen Fall näher eingehen.

Eiterheerde, jedoch ist die ganze Niere eiterig infiltrirt. Nach Spaltung der Kapsel kann der Finger ohne Widerstand bis in das Nierenbecken eindringen. Drainage desselben und Tamponade mit Jodoformgas. Günstiger Verlauf. Am 21. März 1895 wurde Patientin als gesund entlassen.

Aus Harn und Niere wurde ein Stäbchen gezüchtet, das in allen seinen Eigenschaften mit den obigen Fleischbacillen übereinkam, mit der einzigen Ausnahme, dass es sich stets gleichmässig färbte. Auch in ihrer pathogenen Wirkung, die hier wie dort eiterige Processe hervorgerufen hatte und bei den Versuchsthieren zu ähnlichen Veränderungen führte, waren sie gleich.

Wie bei vielen anderen Untersuchern kam auch bei uns anfänglich die Vermuthung auf, dass man hier das Bacterium coli commune in Händen habe. Aus den Versuchen ergab sich aber, dass es nicht angängig ist, einen Bacillus, der in Grösse, Form und Wachsthum das Gepräge des gewöhnlich im Darme von Menschen und Thieren vorkommenden Colibacillus besitzt, auch ohne Weiteres als diesen zu definiren. In diesem Falle unterscheidet er sich vom Letzteren vor allem durch seine pathogene Wirkung bei Fütterung von Thieren und bei subcutaner Injection, weiter durch die sehr späte Coagulation der Milch, die sehr schwache Umsetzung von Milchzucker, die ausserordentlich starke Vergährung des Rohrzuckers und die fehlende Reductionskraft auf Lakmus.

Es häufen sich ja immer mehr und mehr die Fälle in der Litteratur, in denen man das im Darm vorkommende Bacterium coli bei den mannigfaltigsten Erkrankungen als krankheitserregende Ursache beschuldigt. Man kann aber ohne Zögern die Vermuthung aussprechen, dass in nicht wenigen derartigen Fällen eine eingehende Untersuchung des auf den Colibacillus gleichenden Stäbchens nicht stattgefunden hat, und dass man es einfach als Bacterium coli commune bezeichnete, wenn das Bild in Präparaten und Culturen auf das letztere glich. Hätte man sich in jedem Falle etwas mehr in das Studium des gefundenen Stäbchens vertieft, so würde man wahrscheinlich zu anderen Resultaten gelangt sein. Es ist nothwendig, dass stets so weit

wie möglich, alle biologischen und pathogenen Eigenschaften der coli-ähnlichen Mikroben geprüft werden. Auf diese Weise allein ist eine Klärung des Sammelbegriffes »Bacterium coli commune« möglich und aussichtsvoll. Alsdann wird sich auch mit grösserer Berechtigung die Frage entscheiden lassen, ob denn vielleicht thatsächlich das gewöhnliche Darmbacterium einer so tiefgreifenden Veränderung seiner Eigenschaften fähig ist, oder ob wir es hier mit verschiedenen Rassen zu thun haben.

IV. Fall. Abscessus lienis traumaticus.

Ein weiteres Stück Fleisch (März 1896) stammte von einer Kuh, welche lebend auf den Schlachtviehhof angebracht war. Bei der Schlachtung zeigte sich in der Milz ein etwa haselnussgrosser Abscess, der traumatischer Art war, und zwar war vom Magen aus eine Stopfnadel in die Milz eingedrungen. Ausserdem waren in der Leber und in der Nierenrinde etwa 20 kleinere Abscesse vorhanden. Das Fleisch sah vollkommen normal aus. Die Reaction, auch des uns zugeschickten, war sauer, die Consistenz gut.

In den directen Fleischpräparaten waren wiederum kleine, sich gleichmässig färbende, schlanke Stäbchen vorhanden und, wie es schien, in geringer Anzahl Coccenformen. In den wie früher angelegten Platten, kamen zweierlei Colonien auf, in überwiegender Menge feste von dem Typus des Bacterium coli und in geringerer Anzahl schwach verflüssigende Colonien. Das Verhältnis war etwa wie 25:1. Die festen Colonien bestanden aus kleinen Stäbchen, die verflüssigten aus Staphylococcen, die auf Grund der angestellten Versuche als Staphylococcus pyogenes albus identificirt werden mussten. Die Menge der Bacillen berechnete sich pro Gramm Fleisch aus den Gelatineplatten auf ca. 1500, die der Staphylococcen auf ca. 60.

Die mit rohem und 1 Stunde auf 100° erhitztem Fleisch gefütterten Mäuse verstarben alle innerhalb 36—40 Stunden. Die Thiere zeigten während des Lebens grosse Apathie, gesträubte Haare und feuchte Augen. Diarrhöen hatten sie nicht gehabt. Die Section ergab ausser einer geringen Ansammlung von Flüssig-

keit im Pericardialsack nichts Abnormes. Aus Leber, Milz und Herzblut gelang es, gleiche Stäbchen wie aus dem Fleisch herauszuzüchten. Staphylococcenculturen kamen dagegen nicht zur Entwickelung.

Schon aus der grösseren Menge der im ursprünglichen Material anwesenden Stäbchen im Vergleich zu den Coccen und aus dem negativen Ausfall von Culturen des letzteren aus den Thiercadavern konnte mit aller Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, dass die Staphylococcen nur eine untergeordnete Rolle mit Bezug auf die Giftigkeit des Fleisches gespielt hatten. Angestellte Parallelversuche an Thieren mit Reinculturen der Bacillen und der Coccen machten diese Vermuthung zur Gewissheit. Der Tod ereilte die Versuchsthiere nach Fütterung von, mit den Stäbchen allein durchknetetem Brod ebenso schnell wie wenn das Brod mit den Bacillen und Coccen zusammen versetzt wurde. Dagegen erfreuten sich die nur mit den letzteren gefütterten Thiere einer ungetrübten Gesundheit.

Aus dem Tode der mit gekochtem Fleische gefütterten Mäuse musste geschlossen werden, dass in demselben toxische Substanzen angehäuft waren, die durch eine 1 stündige Einwirkung von 100° ihre Wirksamkeit noch nicht verloren hatten. Die Bacterien selbst gehen schon, wie aus Tabelle Seite 277 ersichtlich, bei 70° zu Grunde. 10 Tage alte, bei 37° gewachsene Bouilloncculturen wurden wiederum theils durch Chamberlandkerzen filtrirt, theils einer 10 Minuten langen Erwärmung auf 70° ausgesetzt. Beide Flüssigkeiten besassen ausgesprochen giftige Eigenschaften, jedoch war die erwärmte Cultur anscheinend stärker toxisch als das Filtrat. Hierfür müssen wohl die in ersterer enthaltenen Bacterienleiber verantwortlich gemacht werden. Die geringste tödtliche Dosis des Filtrates für Mäuse war bei subcutaner Application 0,5 ccm, der erwärmten Bouillon zwischen 0,3—0,4 ccm. Die Thiere starben ohne besondere Krankheitserscheinungen nach etwa 48 Stunden. Bei der Section war ausser einer geringen entzündlichen Reaction an der Impfstelle nichts Abweichendes zu constatiren. Zwei intraperitoneal mit 2 ccm Filtrat geimpfte Meerschweinchen von ca. 300 g erlagen nach 3, resp. 4 Tagen.

Vom 2. Tage ab sassen sie mit gebogenem Rücken und gesträubten Haaren ineinander gedrungen im Käfig, sie waren schreckhaft und zeigten in Intervallen ein Zittern des ganzen Körpers. Der Sectionsbefund war negativ.

Die Resistenz des toxischen Filtrates gegenüber höheren Temperaturen war eine grosse. Ein- und zweistündige Erhitzung auf 100° hatten keinen merkbaren Einfluss auf seine Kraft, nach dreistündiger Einwirkung ging sie indessen verloren. Einer Erwärmung auf 103° hielten die Toxine ½ Stunde lang Stand, einer ¾stündigen nicht mehr. Wurde das Filtrat bei 100° in den Lenz'schen Sterilisator gesetzt, derselbe geschlossen, die Temperatur bis auf 110° gebracht und sofort wieder bis auf 100° abgekühlt, so war ebenfalls die toxische Kraft aufgehoben. Die Hinaufführung der Temperatur und die Abkühlung erforderten jede etwa 8 Minuten. Ein mit diesen Bacterien und seinen Toxinen behaftetes Fleisch würde also auch nach mehr als zweistündigem Kochen seine giftigen Eigenschaften noch nicht verlieren.

V. Fall. Septicaemia kryptogenetica.

Ein auf den Viehmarkt des hiesigen Schlachthofes angeführtes Kalb (October 1895) zeigte plötzlich Erscheinungen heftigen Unwohlseins und fiel bald bewusstlos nieder, weswegen ihm der Hals abgeschnitten wurde. Bei der Besichtigung ergab sich, dass die Milz geschwollen, weich und von hellrother Farbe und die Leber ein wenig degenerirt war. Das Fleisch war blasser und feuchter als normal. Ein Stück desselben aus der Hinterbacke wurde uns zur Untersuchung übersandt. In demselben waren schon direct durch Trockenpräparate in grosser Anzahl Stäbchen von bekannter Form nachzuweisen. Auf den Gelatineplatten entwickelten sich in bedeutender Menge feste Colonien, die in ihrem Aspect mit denjenigen anderer Fleischbacterien übereinstimmten. In diesem Fall liess sich die Zahl der in 1 g Fleisch vorhandenen Stäbchen auf ungefähr 50000 berechnen. Ausser ihnen kamen in den Culturen keine anderen Organismen zur Entwickelung.

Die mit dem rohen Fleisch gefütterten Mäuse starben nach 2—3 Tagen. Im Darmkanal war ausser einer leichten Röthung der Schleimhaut und Injection der Darm- und Mesenterialgefässe nichts Pathologisches zu sehen. Die Leber war, besonders der linke Lappen, mit miliaren, grauweissen Heerden wie gespickt. Die Milz war stark vergrössert und erweicht; an ihrer Oberfläche einige grauweisse Heerdchen. Angelegte Culturen erwiesen, dass eine Ueberschwemmung des ganzen Körpers mit den Bacterien stattgefunden hatte.

Die mit gekochtem Fleisch behandelten Mäuse zeigten keine Reaction.

Herrn van der Sluijs, der das Gehirn des Kalbes culturell untersuchte, gelang es, aus ihm in Reincultur die gleichen Stäbchen herauszuzüchten, die wir in der Muskulatur gefunden hatten. Das Kalb hatte also offenbar an einer Septicämie gelitten, die wegen des unbekannten Ursprungsortes der Infection als kryptogenetische bezeichnet werden muss.

Toxine in nachweisbarer Menge wurden von diesen Bacterien nicht gebildet.

VI. Fall. Febris puerperalis paralytica.

Eine Kuh erwarb post partum eine unter den klinischen Symptomen der »Gebärparese« verlaufende Erkrankung. Sie wurde im letzten Augenblick nothgeschlachtet und mit allen Organen, auch dem Uterus, auf den Schlachtviehhof angebracht (Juli 1895). Das einzige, was sich Abweichendes an den Organen finden liess, war eine geringe Degeneration der Leber und der Nieren. Diese letztere könnte vielleicht dahin gedeutet werden, dass es sich hier um eine Mischform des paralytischen und septischen Gebärfiebers gehandelt hat. Dass eine Invasion des Organismus durch Bacterien thatsächlich vorlag, folgte aus der bacteriologischen Untersuchung der Muskulatur. Dieselbe hatte wegen der mangelhaften Ausblutung eine tiefdunkelrothe Farbe, reagirte aber gut sauer. In aus ihr angefertigten Trockenpräparaten kamen in verhältnismässig grosser Menge — in einem Gesichtsfeld 10—100—200 — kurze, schlanke Stäbchen, und nur

solche, zu Gesicht. In den Gelatineplatten wuchsen eine Anzahl fester Colonien mit dem immer wiederkehrenden Typus des Bacterium coli aus, die als Basis der Berechnung die Anwesenheit von ca. 20000 Bacterien in 1 g Fleisch ergaben. Es sei hier übrigens bemerkt, dass das Fleisch später als in den anderen Fällen, erst am zweiten Tage nach der Schlachtung, an einem Julitage zur Untersuchung kam.

Die Mäuse, denen das rohe Fleisch vorgeworfen war, gingen nach etwa 20 Stunden ein, während diejenigen, die von dem, 1 Stunde gekochten Fleisch gegessen hatten, gesund blieben. Bei der Section wurden enteritische Veränderungen gefunden, ausserdem mässige Milzschwellung und seröse Flüssigkeit im Herzbeutel.

Die Versuchsanordnung zur Feststellung etwaiger Giftbildung war die alte. Auch in diesem Fall von Gebärfieber konnte erwiesen werden, dass die im Fleisch gefundenen Organismen im Stande waren, in den Culturen giftige Stoffe zu bilden. Sowohl das Filtrat, wie die auf 70° erwärmte, 10tägige Bouilloncultur wirkte für Mäuse und Meerschweinchen toxisch. Ihre Kraft war aber bedeutend schwächer als die jener Toxine, die in dem ersterwähnten Falle von Gebärfieber nachgewiesen werden konnten. Als letale Minimaldosis für Mäuse wurde bei intraperitonealer Application 1 ccm bestimmt. Meerschweinchen von ca. 450 g gingen erst bei gleicher Anwendung von 5 ccm zu Grunde. Die filtrirte Cultur erwies sich hier als etwas wirksamer, als die erwärmte. Während des Lebens war an den Thieren nichts anderes als grosse Abgeschlagenheit und post mortem eine geringe Ansammlung von leicht trübem Exsudat in der Peritoneal- und Pericardialhöhle zu constatiren. Der Tod war bei den Mäusen durchschnittlich nach 36 Stunden, bei den Meerschweinchen am 4. Tage erfolgt.

Dass die erwärmte Cultur eine geringere Giftigkeit besass als das Filtrat, hängt wohl mit der schwächeren Resistenz der toxischen Stoffe höherer Temperatur gegenüber zusammen. Sie büssten ihre Kraft nämlich schon vollkommen ein, wenn sie 5 Minuten einer Temperatur von 100° ausgesetzt wurden, ja

schon ein augenblickliches Aufkochen mit unmittelbar darauf folgender Abkühlung schwächte dieselbe merkbar.

Wenn auch die Fähigkeit der Giftbildung dieser letzten Bacterien im Vergleich zu derjenigen seitens der im ersteren Fall von Gebärparese gefundenen Organismen eine viel schwächere und auch die Wärmeresistenz der giftigen Stoffe selbst geringer war, so hatten wir es doch auch hier mit Mikrobien zu thun, die zweifelsohne die Eigenschaft besassen, toxische Producte zu liefern, und bei der grossen Uebereinstimmung der Krankheitsbilder, des Fundortes und der morphologischen und biologischen Eigenschaften beider Bacterien, für welche ich auf die Tabelle S. 277 verweise, glaube ich doch trotz des Unterschiedes in der Giftbildung, dass beide Stäbchen identisch waren, umsomehr, da man weiss, ein wie labiler Factor gerade die letztere ist. Es ist also hier in einem weiteren Fall von Gebärfieber mit den klinischen Symptomen der »Gebärparese« in der Muskulatur des Thieres eine toxische Bacterie gefunden worden.

(Folgt Tabelle auf S. 277.)

Ausser in diesen näher beschriebenen Fällen sind wir im Verein mit Herrn van der Sluijs in der Lage gewesen, auch noch bei einer Reihe anderer Affectionen des Schlachtviehes, so bei enteritischen und metritischen Erkrankungen bacteriologische Untersuchungen anzustellen, die aber anderer Berufsgeschäfte halber nicht mit der erforderlichen Gründlichkeit haben zu Ende geführt werden können. Es sei nur so viel gesagt, dass es auch hier des Oefteren gelang, im Fleisch und in den Organen solcher Thiere Mikroorganismen zu finden, die, so weit die Untersuchungen reichten, sich als Stäbchen erwiesen, die fraglos zur selben Gruppe gehörten wie die von Anderen und uns im Fleisch kranker Thiere gefundenen Bacterien. Wenn man, so wie wir, Gelegenheit gehabt hat, in einer ganzen Serie von Fällen immer und immer wieder jene Stäbchen zu Gesicht zu bekommen, dann muss man unbedingt zu der Annahme gelangen, dass man es hier mit ziemlich verbreiteten Organismen zu thun hat, die unter günstigen Umständen, es sei vom Darm, von der Vagina, vom

Tabelle der morphologischen und biologischen Eigenschaften der in Fall I VI gefundenen Bacterien.

	I. Peritonitis perforativa	II. Febris puerperalis paralytica	III. Pyaemia chronica	IV. Abscessus lienis traumaticus	V. Septicaemia kryptogen.	VI. Febris puerperalis paralytica
Grösse, Form, Lagerung, Wachsthum, Eigenbewegung Sporenbildung, Färbbarkeit.	Alle gefundenen Stäbchen sind ungefähr gleich gross, ca. 0,3—0,4 : 1,0—1,5 μ, schlank, mit abgerundeten Enden, oft zu zwei aneinander liegend. Ihr Wachsthum auf den gebräuchlichen Nährböden ist im Grossen und Ganzen übereinstimmend und kann kurz als Bacterium coli-Typus bezeichnet werden. Es kommt ihnen allen eine lebhafte Eigenbewegung zu. Sporen werden nicht gebildet. Sie färben sich mit den gewöhnl. Anilinfarbstoffen leicht und gleichmässig, nur die Bacillen von Fall III blieben in der Mitte aus Culturen bei 37° ungefärbt. Die Gram'sche Färbung ist bei allen negativ.					
Verhalten in Milch	Keine Gerinnung.	Desgl.	Gerinnt, aber erst nach 10 bis 12 Tagen b. 37°	Keine Gerinnung.	Desgl.	Desgl.
Indolbildung in Koch'scher Peptonkochsalzlösung.	Ja, erst nach 3 Tagen.	Nein.	Ja, schon nach 24 Std.	Ja, nach ca. 2 Tagen.	Desgl.	Nein.
Nitritbildung in Koch'scher Peptonkochsalzlösg. + H_2SO_4.	Keine Rothfärbg.	Desgl.	Desgl.	Desgl.	Desgl.	Desgl.
Verhalten in Peptonkochsalzzuckerlösg.: zu Traubenzucker,	Vergärung.	Keine Vergärung.	Starke Vergärung.	Vergärung.	Desgl.	Keine Vergärung.
zu Milchzucker,	Keine Vergärung.	Desgl.	Schwache Vergärung.	Keine Vergärung.	Desgl.	Desgl.
zu Rohrzucker.	Keine Vergärung.	Desgl.	Sehr starke Vergärung.	Keine Vergärung.	Desgl.	Desgl.
Reductionsvermögen auf Lakmus in Löffler'scher Bouillon.	Ja.	Ja, aber sehr schwach.	Nein.	Ja.	Ja, stark.	Ja, aber schwach.
Bildung v. flücht. S-Verbind.	Ja.	Eben nachweisbar.	Schwach.	Ja.	Ja, stark.	Eben nachweisbar.
Giftbildung.	Nein.	Ja, toxische Stoffe werden b. 100° nach 15 Min. unwirksam.	Nein.	Ja, toxische Stoffe werden b. 100° nach 3 Std. unwirksam.	Nein.	Ja, toxische Stoffe werden b. 100° nach 5 Min. unwirksam.
Resistenz gegen Wärme.	Alle sechs Bacterien werden bei Anwendung der Forster'schen Methode[1]) durch eine Erwärmung auf 70° in 1 Minute abgetödtet.					

1) a. a. O.

Uterus, vom Peritoneum nach Perforation, vom Euter, nach traumatischen Zuständen vom Magen aus mit Leichtigkeit in die Saftbahnen eindringen und den Organismus überschwemmen, so dass man sie später im Fleisch zurückfindet. Es fragt sich nur, woher denn diese Bacterien kommen. Es ist klar, dass man in manchen Fällen, so bei entzündlichen Zuständen des Darmes, bei Peritonitis perforativa, bei vom Magen ausgehenden traumatischen Affectionen an den Verdauungstractus als Ursprungsort der Infectionserreger denken muss. Sind die alsdann in den Körper eindringenden Mikrobien gewöhnliche oder nur zeitweilige und zufällige, mit besonderen virulenten Eigenschaften begabte Darmbewohner? Sind die die Perforation verursachenden Ulcera eine Folge der Einwirkung specifischer Mikrobien, die dann auch weiter vom Peritoneum aus sich im Körper verbreiten, oder eröffnet nur der Durchbruch normalen Darmbacterien Thor und Thür zur Ueberschwemmung des Organismus? Hier möchte ich eine Erfahrung niederlegen, die wir anlässlich von vergleichenden Fütterungsversuchen mit dem Bacillus bovis morbificans und Bacterium coli commune an Meerschweinchen gemacht haben. Bei Verfütterung des ersteren entwickelten sich die krankhaften Veränderungen, die wir schon früher[1]) beschrieben haben; bei Anwendung des letzteren konnten wir nie eine Erkrankung hervorrufen. Als wir aber beide gleichzeitig verfütterten, trat in zwei Fällen das Folgende ein: Nach 29 resp. 36 Tagen starben die Thiere. Bei dem ersten ergab der Befund: Starke Vermagerung. Peritonitis infolge Perforation eines Ulcus 5 cm hinter dem Pylorus. Ausserdem noch drei Ulcera im Dünndarm. Bei dem zweiten: Sehr starke Vermagerung; Ascites, Hydrothorax, Hydropericardium (allgemeine Cachexie). Peritoneum und Darm stark injicirt. Die Schleimhaut des ganzen Dünndarmes geröthet; kurz hinter dem Pylorus ein Ulcus von der Grösse eines silbernen Zwanzigpfennigstückes; im Grimmdarm stellenweise streifige Blutungen. Mesenterialdrüsen geschwollen. Diese auffallende Wirkung der gleichzeitigen Fütte-

---

1) a. a. O.

rung mit beiden Mikrobien können wir vorläufig nur einfach constatiren, nicht erklären.

Es hat ja nun weiter nicht an Stimmen gefehlt, die dem gewöhnlichen Darmbacterium, dem Bacillus coli comm. unter besonderen Umständen und durch besondere Eingriffe einen ausgesprochenen Grad von Pathogenität zuschreiben. So machte u. A. Jensen[1]) Versuche an neugeborenen Kälbern, indem er Creolin oder Pyoctanin an dieselben verfütterte. Dieselben starben hierauf unter den Erscheinungen der Kälberruhr. Im Blut und den inneren Organen konnte Jensen alsdann in ziemlich grosser Menge einen Organismus nachweisen, den er für wahrscheinlich identisch mit dem Bacterium coli commune hält. Er fand diesen selben Bacillus denn auch im Darmkanal von kleinen Kälbern überhaupt, nur mit der Einschränkung, dass dieser die Virulenz jenes nicht besass — eine Virulenz, die gross genug war, um nach Verfütterung gesunde, neugeborene Kälber in 1—3 Tagen an einer der Kälberruhr ganz ähnlichen Krankheit sterben zu lassen. Die Virulenz ist aber gerade der Angelpunkt der ganzen Sache! Sollte es möglich sein, dass nach Verfütterung von Creolin das Bacterium coli infolge einer einmaligen Passage durch den Thierkörper über ausgesprochene pathogene Eigenschaften verfügt, die es früher nicht besessen hat? Sollte es möglich sein, dass z. B. in unserem Fall IV das normale Darmbacterium ebenfalls durch eine einzige Thierpassage die Fähigkeit so starker Giftbildung sich erworben hätte, wie sie bisher noch nie bei ihm beobachtet wurde? Sollte in unserem Fall I die einfache Wanderung vom Peritoneum bis in die Muskulatur und der Aufenthalt hierselbst das Bacterium coli derart in seinen Eigenschaften verändert haben, dass nun keine Gerinnung der Milch mehr erfolgt, dass die Vergährung von Milch- und Rohrzucker verloren gegangen ist? Eine solche tiefe und schnelle Veränderung biologischer Attribute wäre beispielslos in der Geschichte der Schizomyceten. Alles spricht vielmehr dafür,

1) Om den infektiöse Kalvediarrhoe og dens Aarsag. Maandskrift for Dyrlaeger, Bd. IV, S. 140.

dass im Verdauungstractus Organismen vorhanden sind oder sein können, die in ihren Gestalts- und Wachsthumsverhältnissen mit dem Bacterium coli commune übereinstimmend, besondere Eigenschaften besitzen, die sie befähigen, unter bestimmten Verhältnissen, es sei bei krankhaften Zuständen des Darmes, nach traumatischen Affectionen vom Magen aus, durch Hineingelangen aus den Fäces in den Genitaltractus kurz vor, während oder nach dem Partus eine verderbliche Wirkung zu entfalten. Allein eine systematische Untersuchung der Bacterien des Tractus intestinalis, die in Prof. Forster's Institut schon vor Jahren[1]) begonnen wurde, mit eingehendem Studium ihrer biologischen und pathogenen Eigenschaften kann hier zum Ziele führen.

Wenden wir uns nun in grossen Zügen zu einem Vergleich der bei den verschiedenen Fleischvergiftungen studirten Bacillen — mit Ausnahme des Bacillus botulinus, der eine Sonderstellung einnimmt, und der Organismen von Levy und Hamburger, bei denen es sich ohne Zweifel um eine postmortale Infection handelt —, so ist nicht zu leugnen, dass sie alle mehr oder weniger in ihren morphologischen Eigenschaften mit dem Bacterium coli commune eine ausserordentlich grosse Uebereinstimmung aufweisen. In ihren biologischen und pathogenen Eigenschaften weichen sie aber untereinander und von dem letzteren ab. Ihr Verhalten in Milch, die Bildung von Indol, die Fähigkeit der Umsetzung der verschiedenen Zuckerarten, ihre Reductionskraft und die Erzeugung von flüchtigen S-Verbindungen, das Vermögen, giftige Stoffe zu produciren, wechselt in mannigfaltiger Weise ab. Bald findet man die hauptsächlichsten krankhaften Veränderungen im Darm, bald treten diese zurück, und es kommt zu einer allgemeinen Invasion des Organismus mit Heerdbildungen in den inneren Organen, bald hat man das Bild einer reinen Septicämie vor sich. Man könnte hier zwei Ansichten aufstellen. Entweder haben alle diese Bacterien ein und dieselbe Abstammung, und dann muss dieses Stammbacterium einer ungemeinen Veränder-

1) Siehe: Verslagen en Mededeelingen der kon. Akademie van Wetenschappen, Afdeel. Natuurkunde, 1889, p. 189.

lichkeit seiner physiologischen Leistungen, wenn auch innerhalb eines längeren Zeitraumes, fähig sein; oder wir haben es mit absonderlichen Rassen zu thun, die in engen Grenzen sich ihre Eigenschaften constant erhalten. Sich in weitere theoretische Erwägungen als diese Zweitheilung einzulassen, halte ich für überflüssig. Experimentell muss der Verlust zahlreicher alter und die Erwerbung neuer Eigenschaften erwiesen werden. In dieser Beziehung kann ja das oben angedeutete systematische Studium der Darmflora an einer grossen Anzahl Individuen Klarheit bringen.

Was nun die praktische Seite der Frage anbelangt, so geht unzweideutig aus der ganzen Geschichte der Fleischvergiftungen und ihrem experimentellen Studium hervor, dass in allen Fällen von Beurtheilung des Fleisches kranker Thiere, wenn es sich nicht um solche Fälle handelt, in denen das Fleisch schon auf Grund des makroskopischen Befundes an der Thierleiche — eventuell mit Hilfe der bekannt gewordenen Krankheitssymptome — ohne jeden Zweifel beanstandet werden muss, eine zweckmässige bacteriologische Untersuchung, wie ich sie in erweitertem Sinne als früher, unten vorschlagen möchte, am Besten und Sichersten zu einem allseitig befriedigenden Resultat führen wird.

Wie sich aus den Untersuchungen ergeben hat, kann das Fleisch von kranken Thieren, abgesehen davon, dass es überhaupt weder Bacterien noch Toxine enthält, sich in drei Zuständen befinden: 1. Es enthält nur Bacterien, die schon durch eine kurzdauernde Erwärmung selbst unter 100° sicher abgetödtet werden. 2. Es enthält Bacterien und toxische Substanzen, welche durch eine kurze Erhitzung auf 100° ihre Schädlichkeit einbüssen. 3. Es enthält Bacterien und giftige Stoffe, welch letztere ihre Kraft auch durch stundenlange Behandlung bei 100° noch nicht verlieren.

Es fragt sich nun, ob es angängig ist, Fleisch der ersten und zweiten Kategorie, das man mit absoluter Sicherheit und mit nicht allzu grossem Verlust durch Sterilisation für die menschliche Gesundheit vollständig unschädlich machen kann, dem Consum zu übergeben und so eine nicht unbeträchtliche Masse werthvollen Materiales vor der Vernichtung oder wenig

Gewinn bringenden, technischen Verwerthung zu retten. Bei der Frage nach der Verwerthung des Fleisches tuberculöser Thiere durch Sterilisation hat man sich nicht gesträubt, die etwaige Anwesenheit von Bacillenleibern mit in den Kauf zu nehmen und hat sich hierbei nur von dem Gedanken leiten lassen, dass durch eine derartige Behandlung die Unschädlichkeit verbürgt wird. Die Unschädlichkeit ist und muss in dieser Hinsicht das leitende Motiv sein. Zählen z. B. die Bacterienleiber in der Milch, sei sie gekocht oder roh, nicht nach Hunderttausenden? Sind auch in manchem Trinkwasser nicht solche in Menge vorhanden? Enthalten nicht die meisten Würste dieselben oft in enormer Anzahl? Wird Jemand auch nur daran denken, deshalb diese Nahrungsmittel zu verbieten? Es lässt sich also eine Verwerthung des durch Sterilisation im obigen Sinne vollständig unschädlich gemachten Fleisches wohl in Erwägung ziehen. Es könnten höchstens ästhetische Gründe, das Entstehen von Widerwillen und Ekel, geltend gemacht werden. Das würde aber auch bei denselben Personen eintreten, wenn sie von der Kenntnis der oben angeführten Thatsachen durchdrungen wären.

Selbstverständlich gelten diese letzten Erörterungen nur für solche Orte, an denen ein allen Anforderungen entsprechender Sterilisationsapparat vorhanden ist.

In den geeigneten Fällen möchte ich nun folgende bacteriologische Prüfung des Fleisches vorschlagen.

Zweckmässig nimmt man die Untersuchung 24 Stunden nach der Schlachtung, resp. Nothschlachtung vor, und zwar aus dem Grunde, weil die Fleischbacterien durchweg auch bei niedrigen Temperaturen sich noch vermehren, und man so eine Anreicherung erhält, die die Untersuchung erleichtert. Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, dass nach der Schlachtung Magen, Darm etc. ordnungsgemäss entfernt wurde. Es ist so ausgeschlossen, dass Bacterien, die im Innern des Fleisches eventuell gefunden werden, infolge einer postmortalen Invasion aus dem Darme dorthin gelangt sind. Denn nach

unseren vielfachen Erfahrungen findet man selbst noch längere Zeit nach der Schlachtung im Fleisch gesunder Thiere keine Mikroorganismen[1]). Es werden alsdann in der früher beschriebenen Weise[2]) aus dem Innern eines an lockerem Bindegewebe reichen Fleischstückes Trockenpräparate und Gelatineplatten angelegt. Gelatineplatten genügen für diesen Zweck völlig, wenn man die Forster'sche Gelatine[3]) mit hohem Verflüssigungspunkt anwendet. Gleichzeitig werden je zwei Mäuse mit rohen Fleischstückchen und mit solchen gefüttert, die 1 Stunde bei 100° gehalten sind. Sind weder in den Präparaten Mikroorganismen anwesend, noch entwickeln sich in den Platten innerhalb 24 Stunden Colonien, so ist das Fleisch ohne weiteres freizugeben. Wird durch die Präparate, resp. Platten das Vorhandensein von Bacterien festgestellt, so ist das Fleisch vorläufig in zweckmässiger Weise aufzubewahren, und das Resultat des Thierexperimentes, das sich in den meisten Fällen, wenn positiv, in höchstens drei Tagen ergeben wird, für die fernere Beurtheilung mit heranzuziehen. Sterben die mit rohem Fleisch gefütterten Mäuse, die mit einer Stunde gekochtem Fleisch behandelten aber nicht, so geht daraus hervor, dass durch dieses Kochen die Giftigkeit aufgehoben worden ist. Es kann dann nach den bisherigen Erfahrungen ohne Gefahr für die menschliche Gesundheit das Fleisch nach gehöriger Sterilisation im Dampfapparat in den Consum gebracht werden. Ist kein Sterilisationsapparat vorhanden, dann allerdings dürfte der einfache Nachweis der Anwesenheit grösserer Bacterienmengen im Fleische für

1) Siehe auch die im Archiv für Hygiene, Bd. XX, S. 247 erwähnten Untersuchungen von Forster und Gärtner.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XX, S. 293 u. 247.

3) a. a. O. u. Centralbl. f. Bact., XXII, 12/13.

dessen Beanstandung genügen. Gehen auch die mit gekochtem, bacterienhaltigem Material gefütterten Thiere zu Grunde, so ist das Fleisch dem Verkehr zu entziehen, eventuell nur zu technischen Zwecken zu verwerthen. So würde man im Geiste Gerlach's handeln, der schon vor Decennien als Ziel der Fleischbeschau angab, unter möglichster Verwerthung des Fleisches nicht normaler Schlachtthiere die Gesundheit der consumirenden Menschen zu schützen.

Amsterdam, im Oktober 1897.

A:

Tafel I.

Laufd. Nummer	Tag E... na...	Bemerkungen	Lufttemp. an d. Entnahmetagen (Tagesmittel)	Regenmenge in mm Datum am	In der Stadt	Auf dem Riesel-feld
	18..		° C.	1896		
1	27.VI..	undrainirt, war bebaut mit Sommerroggen	12,20	26. VIII.	13,8	—
2	„			27. VIII.	0,2	—
3	„					
4	1.	Ackerland, undrainirt, war bebaut mit Weizen	13,82	31. VIII.	0,5	—
5				1. IX.	1,0	—
6						
7	8.	Wiesen, drainirt	17,05	7. IX.	0,1	—
8				8. IX.	10,4	18,7
9						
10	12.	Ackerland, undrainirt, nicht bebaut	17,52	11. IX.	9,0	1,1
11				12. IX.	0,2	—
12						
13	21.	undrainirte Wiesen	11,35	20. IX.	5,8	—
14				21. IX.	4,6	—
15						
16	25.	Ackerland, undrainirt, nicht bestellt	10,53	24. IX.	2,3	—
17				25. IX.	14,6	—
18						

Tafel II.

Laufd. Nummer	…e …n	Bemerkungen	Lufttemp. an d. Entnahmetagen (Tagesmittel)	Regenmenge in mm Datum am	In der Stadt	Auf dem Rieselfeld
			° C.	1896		
55	96	drainirtes, unbepflanztes Ackerland	0,18	27. XII.	2,0	—
56	60			28. XII.	2,10	—
57	56					
				1897		
58	59	drainirtes, unbepflanztes Ackerland	— 3,45	3. I.	—	—
59	20			4. I.	—	—
60	50					
61	48	drainirtes, unbepflanztes Ackerland	— 0,25	12. I.	—	—
62	51			13. I.	—	—
63	55					
64	72	nicht drainirtes unbepflanztes Ackerland	— 0,73	18. I.	—	—
65	63			19. I.	—	—
66	69					
67	15	drainirtes, unbepflanztes Ackerland	— 2,23	24. I.	3,8	3,5
68	12			25. I.	2,5	2,5
69	25					
70	87	neudrainirtes, unbepflanztes Acker- [illegible]	[illegible]	31. I.	2,0	—
	125					

Tafel III.

Laufd. Nummer	…ne …m	Bemerkungen	Lufttemp. an d. Entnahmetagen (Tagesmittel)	Regenmenge in mm Datum am	In der Stadt	Auf dem Riesel-feld
			° C.	1897		
112	…18	drainirte Wiesen	14,78			
113	…36			25. IV.	—	—
114	…23			26. IV.	—	—
115*	…80					
116	…40	mit Raps bepflanztes drainirtes Ackerland	12,20	2. V.	—	—
117	…10			3. V.	—	—
118	…15					
119	…68	drainirtes Wiesenland (nach dem Mähen)	8,55			
120	…08			9. V.	3,7	2,9
121	…30			10. V.	—	—
122*	…06					
123	…40	drainirtes Ackerland (zum zweitenmal) unbepflanzt	16,80			
124	…20			16. V.	0,1	—
125	…30			17. V.	—	—
126*	…40					
127	…80	drainirte Wiesen, (zum zweitenmal drainirt)	14,45	23. V.	—	—
128	…40			24. V.	0,2	0,5
129	…10					

W

S

Ueber das Wärmeleitungsvermögen einiger Bettstoffe.

Von

Dr. **Oskar Spitta,**

(Assistenten am hygienischen Institut zu Berlin.)

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

In seinen grundlegenden Arbeiten[1] über »das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe und der Gewebe unserer Kleidung« hat Rubner zum ersten Male den gesetzmässigen Zusammenhang zwischen gewissen physikalischen und stofflichen Eigenschaften unserer Kleidungsstoffe und ihrem Wärmeleitungsvermögen klargestellt.

Zugleich betont aber Rubner, dass wir aus der Kenntnis dieser Eigenschaften (Grundstoffe, Dicke, spec. Gewicht) allein, noch nicht die exacten Werthe für das Wärmeleitungsvermögen ableiten können, sondern, dass noch als weiterer wichtiger Factor die Webweise, d. h. die Faseranordnung in den Stoffen zu berücksichtigen ist.

Nur dann wird man im Stande sein, ein Urtheil über das Wärmeleitungsvermögen zu gewinnen. Solange man nun nicht in der Lage ist, den von der Faseranordnung ausgehenden Einfluss bestimmen zu können und von vornherein mit in Rechnung zu stellen, so lange ist man auf die directe experimentelle Prüfung des Wärmeleitungsvermögens der Stoffe angewiesen.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXIV, S. 265—389.

Solche Untersuchungen sind von Rubner in umfassender Weise für die verschiedensten Kleiderstoffe ausgeführt worden, und die von ihm ermittelten Werthe geben uns ein anschauliches Bild der Wärmeleitungsverhältnisse aller wichtigen Stofftypen. —

Was für den Menschen am Tage die Kleidung ist, das ist ihm in der Nacht das Bett. Es verdienen daher die Stoffe, mit denen wir uns im Bette bedecken, um unsere Wärmeabgabe einzuschränken, vom hygienischen Standpunkte aus dieselbe Beachtung wie die Stoffe unserer Kleidung; verbringen wir doch ungefähr den dritten Theil unseres Lebens im Bette. Das Bett ist ferner für gewöhnlich die Kleidung des Kranken. Für diesen ist die Regulirung der Wärmeabgabe oft von besonderer Wichtigkeit. —

Da Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen der Bettstoffe noch nicht vorlagen, so habe ich, auf Anregung von Herrn Prof. Rubner, eine Anzahl solcher Untersuchungen ausgeführt.

Für dieselben stellten mehrere Berliner Geschäfte uns eine grosse Menge von Proben zur Verfügung. Aus diesen Stoffproben habe ich folgende herausgegriffen und für die Untersuchungen benützt:

1. eine leichte, weiche, wollene Schlafdecke,
2. eine derbere, gewöhnliche wollene Schlafdecke,
3. und 4. zwei baumwollene Steppdeckenüberzüge von verschiedener Dicke,
5. feines, dichtes Leinen,
6. grobes Leinen,
7. feinen Shirtingstoff.

Ich untersuchte ferner noch Baumwollwatte und Wollwatte, wie solche zur Füllung von Steppdecken benutzt werden.

Schliesslich combinirte ich noch einige Stoffe, nämlich:

Combination I[1]): Wolldecke mit feinem Leinen bezogen.

1) Gewichtsverhältnis Leinen : Wolldecke = 1 : 3,683.

Combination II[1]). Steppdeckenüberzug (3) mit Baumwollwattefüllung.

Combination III[2]): Steppdeckenüberzug mit Wollwattefüllung.

In der Technik der Untersuchung wurde der von Rubner angegebene Gang befolgt. Um über die Grundstoffe der untersuchten Gewebe Aufschluss zu erhalten, wurden bestimmte, völlig ausgewaschene und entfettete Mengen derselben 1 ½ Stunden lang in je 150 ccm 0,5 proc. Kalilauge gekocht.

Wie das Experiment lehrt, erleidet dabei reine Wolle einen Verlust von im Mittel 98,65 % durch Lösung, reine Cellulose nur einen Verlust von im Mittel 3,36 %. Tabelle I gibt die für unsere Stoffe gewonnenen Zahlen, und damit einen Begriff von der Betheiligung der verschiedenen Grundstoffe am Aufbau der Gewebe.

Die Dicke der Stoffe wurde mit dem Rubner'schen Sphärometer gemessen, das spec. Gewicht aus Dicke und Flächengewicht berechnet. Bei der Baumwollwatte und Wollwatte wurde das spec. Gewicht durch Wägung grösserer bestimmter Volumina festgestellt. Das spec. Gewicht der Combinationen wurde berechnet.

Tabelle I.

Chemische Untersuchung.

Nummer	Bezeichnung der Stoffe	Löslich in 0,5% Kalilauge %	Unlöslich in Kalilauge %
1	Weiche braune Schlafdecke	82,1	7,9
2	Gewöhnliche rothe Schlafdecke	95,5	4,5
3	Steppdeckenüberzug, roth gemustert	1,4	98,6
4	Steppdeckenüberzug, blau gemustert	2,1	97,9
5	Feines Leinen	3,6	96,4
6	Grobes Leinen	3,6	96,4
7	Shirting	5,5	94,5
8	Baumwollwatte	3,0	97,0
9	Wollwatte	97,7	2,3

1) Gewichtsverhältnis Ueberzug : Watte = 1 : 1,48.

2) Gewichtsverhältnis Ueberzug : Watte = 1 : 1,48.

Tabelle II gibt die Werthe für Dicke, Flächengewicht, spec. Gewicht und Porenvolumen.

Für die calorimetrischen Messungen verwendete ich ein Stefan'sches Calorimeter. Die wichtigsten Maasse desselben waren:

Abstand zwischen Mantel und innerem Cylinder = 5 mm, eingeschlossener Hohlraum = 51,05 ccm, Gewicht 182,135 g, mittlere Oberfläche beider Cylinder 102,878 qcm. Die Maasse ergaben, in die Stefan'sche Formel eingesetzt, als Constante 0,1754.

Ich habe dasselbe Calorimeter für alle Stoffe verwendet auch für die specifisch schwereren, da ich mich überzeugte, dass auch die letzteren sich den Wandungen gut anlegten. Ein Controll-versuch mit einem der Stoffe, in einem Calorimeter mit nur 2,5 mm Abstand der Begrenzungsflächen vorgenommen, ergab keine beträchtliche Differenz der Zahlen. Die Grösse des Calorimeterhohlraumes ermöglichte es, fast ausnahmslos genau 6 g des zu untersuchenden Stoffes einzufüllen in zwangloser Weise. Die Leitungsconstanten sind demnach nach Rubner's Vorgang sämmtlich auf 6 g Füllung berechnet, um einen Vergleich mit den bisher gewonnenen Zahlen zu ermöglichen. Aus demselben Grunde wurden die Werthe auf die von Rubner angegebene mittlere Leitungsconstante für Luft = 0,0000532 umgerechnet. Ich fand für Luft 0,0000557.

Die Werthe für $\beta \log e$ sind Mittelzahlen aus meist 3 Wärmeleitungsversuchen. In jedem Versuch wurden 4 Ablesungen gemacht.

Der Wasserwerth der Füllung des Calorimeters wurde bei der Berechnung berücksichtigt.

Tabelle III gibt die Werthe für $\beta \log e$, k, die relativen Zahlen zu Luft, und in der letzten Columne die absoluten Zahlen für 6 g und Luft = 0,0000532.

Tabelle IV führt durch Rechnung auf die Werthe für das absolute Leitungsvermögen bei natürlichem spec. Gewicht und Luft = 0,0000532.

Tabelle II.

Nummer	Bezeichnung der Stoffe	Dicke in mm	Flächengewicht p. 1 qcm	Natürlich. spec. Gewicht	Feste Substanz in %	Luft in %
1	Weiche braune Schlafdecke	3,855	0,0589	0,153	11,8	88,2
2	Gewöhnl. rothe Schlafdecke	3,325	0,0591	0,178	13,7	86,3
3	Steppdeckenüberzug, roth gemustert	0,828	0,0128	0,390	30,0	70,0
4	Steppdeckenüberzug, blau gemustert	0,368	0,0164	0,446	34,3	65,7
5	Feines Leinen	0,221	0,0180	0,814	62,6	37,4
6	Grobes Leinen	0,425	0,0309	0,727	55,9	44,1
7	Shirting	0,160	0,0139	0,869	66,8	33,2
8	Baumwollwatte	—	—	0,212	16,3	83,7
9	Wollwatte	—	—	0,219	16,8	83,2
10	Combination aus 2 und 5 .	3,546	-	0,314	- -	—
11	Combination aus 3 und 8 .		- -	0,284	—	—
12	Combination aus 3 und 9 .			0,288	—	—

Tabelle V gibt endlich die Werthe für den absoluten Wärmedurchgang, bei natürlicher Dicke des Stoffes, für 1 qcm, 1 Sec. und 1° Temperaturdifferenz an.

Die Stoffe, welche zur Ausrüstung eines Bettes gehören, sind in mancher Beziehung recht verschieden von einander. Ganz abgesehen von der Unterlage, der Matratze, mit ihrer mannigfaltigen Füllung, und abgesehen von den grossen Federkissen, wie solche noch vielfach als Bedeckung verwendet werden, zeigen Decken und Ueberzüge, was Grundstoffe, Dicke und spec. Gewicht anlangt, so grosse Differenzen wie solche bei der gewöhnlichen Kleidung des Menschen wohl nicht vorkommen. Das drückt sich auch in den Zahlen unserer Tabellen aus. Die Dicke der untersuchten Gewebe und Combinationen schwankt zwischen 0,160 und 5,000 mm, das spec. Gewicht zwischen 0,153 und 0,869, der Luftgehalt zwischen 33,2 und 88,2 %. Es ist daher auch nicht zu verwundern, wenn sich in den Zahlen für den absoluten Wärmedurchgang gewaltige Differenzen zeigen.

Lassen wir die Combinationen zunächst unberücksichtigt, so lassen die Schlafdecken natürlich am wenigsten Wärme durch.

Nr.	Bezeichnung der Füllung	Gewicht der Füllung	$\vartheta \log e$	k	Relative Zahl zu Luft, Luft = 0,0000 557	Relat. Zahl zu Luft für 6 g Luft = 0,0000 557	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000 557	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000 532
	Luft	0	0,000 318	0,0000 557	100	100	0,0000 557	0,0000 532
1	Weiche braune Schlafdecke .	6,00	0,000 385	0,0000 711	127,6	127,6	0,0000 711	0,0000 679
2	Gewöhnl. rothe Schlafdecke .	6,00	0,000 382	0,0000 706	126,7	126,7	0,0000 706	0,0000 674
3	Steppdeckenüberz., roth gem.	6,00	0,000 423	0,0000 778	139,7	139,7	0,0000 778	0,0000 743
4	Steppdeckenüberz., blau gem.	6,00	0,000 537	0,0000 987	177,2	177,2	0,0000 987	0,0000 943
5	Feines Leinen	6,00	0,000 466	0,0000 856	153,6	153,6	0,0000 856	0,0000 818
6	Grobes Leinen	6,00	0,000 400	0,0000 735	133,0	133,0	0,0000 735	0,0000 884
7	Shirting	6,00	0,000 584	0,0001 083	194,4	194,4	0,0001 083	0,0001 034
8	Baumwollwatte	6,00	0,000 442	0,0000 816	146,5	146,5	0,0000 816	0,0000 779
9	Wollwatte	6,00	0,000 363	0,0000 671	121,5	121,5	0,0000 671	0,0000 641
10	Combination 2 und 5 . . .	7,92	0,000 411	0,0000 771	139,4	129,9	0,0000 724	0,0000 692
11	Combination 3 und 8 . . .	6,00	0,000 434	0,0000 797	143,1	143,1	0,0000 797	0,0000 761
12	Combination 3 und 9 . . .	6,00	0,000 366	0,0000 675	121,2	121,2	0,0000 675	0,0000 645

Tabelle IV.

Nr.	Bezeichnung der Füllung	Im Versuch beobachtetes spec. Gewicht für 6 g Füllung	Natürliches spec. Gewicht	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000 532	Die Leitung ist zu berechnen auf eine Füllung von g	Relative Zahl zu Luft bei nat. spec. Gew.	Absolutes Leitungsvermögen bei nat. spec. Gewicht, Luft = 0,0000 532
1	Weiche braune Schlafdecke	0,119	0,153	0,0000 679	7,71	135,5	0,0000 721
2	Gewöhnliche rothe Schlafdecke . . .	0,119	0,178	0.0000 674	8,98	140,0	0,0000 745
3	Steppdeckenüberzug, roth gemustert .	0,119	0,390	0,0000 743	19,66	230,0	0,0001 223
4	Steppdeckenüberzug, blau gemustert .	0,119	0,446	0,0000 943	22,48	389,2	0,0002 071
5	Feines Leinen	0,119	0,814	0,0000 818	41,04	466,6	0,0002 485
6	Grobes Leinen	0,119	0,727	0,0000 884	36,65	301,6	0,0002 005
7	Shirting	0,119	0,869	0,0001 034	43,81	689,3	0,0003 666
8	Baumwollwatte	0,119	0,212	0,0000 779	10,68	182,8	0,0000 972
9	Wollwatte	0,119	0,219	0,0000 641	11,04	139,6	0,0000 737
10	Combination 2 und 5	0,119	0,314	0,0000 692	15,83	178,9	0,0000 953
11	Combination 3 und 8	0,119	0,284	0,0000 761	14,32	202,9	0,0001 089
12	Combination 3 und 9	0,119	0,288	0,0000 645	14,52	151,3	0,0000 805

Die zwischen beiden bestehenden Differenzen erklären sich aus der etwas verschiedenen Dicke, und dem ungleichen spec. Gewicht.

Tabelle V.

Absoluter Wärmedurchgang.

Nummer	Bezeichnung der Stoffe	Absolutes Leitungsverm. bei natürl. spec. Gewicht	Dicke in mm	Absol. Wärmedurchgang für 1 qcm, 1 Sec., 1° Temperaturdiff und die natürl. Dicke
1	Weiche braune Schlafdecke . . .	0,0000 721	3,855	0,0001 870
2	Gewöhnliche rothe Schlafdecke . .	0,0000 745	3,325	0,0002 241
3	Steppdeckenüberzug, roth	0,0001 223	0,328	0,0037 287
4	Steppdeckenüberzug, blau	0,0002 071	0,368	0,0056 350
5	Feines Leinen	0,0002 485	0,221	0,0113 440
6	Grobes Leinen	0,0002 005	0,425	0,0047 175
7	Shirting	0,0003 666	0,160	0,023 012
8	Baumwollwatte	0,0000 972	5,000[1]	0,0001 944
9	Wollwatte	0,0000 737	5,000[1]	0,0001 474
10	Wolldecke mit Leinenbezug (Combination aus 2 und 5)	0,0000 953	3,546	0,0002 688
11	Steppdecke mit Baumwollfüllung (Combination aus 3 und 8) . . .	0,0001 089	5,000[1]	0,0002 178
12	Steppdecke mit Wollfüllung (Combination aus 3 und 9)	0,0000 805	5,000[1]	0,0001 610

Die baumwollenen Steppdeckenüberzüge besitzen nur etwa 1/10 der Dicke der Wolldecken, lassen aber ungefähr 20mal soviel Wärme hindurch als die Wolldecken. Grundsubstanz, Webweise und spec. Gewicht sind eben hier völlig andere. Die Unterschiede im Leitungsvermögen zwischen diesen beiden Ueberzugsstoffen finden ihre theilweise Erklärung in ihrem abweichenden spec. Gewicht.

Es folgen die Leinenstoffe, fast um das Doppelte in ihrer Dicke differirend, und auch im spec. Gewicht verschieden. Diese Verhältnisse werden durch die Wärmedurchgangszahlen illustrirt.

Die Zahlen für Leinen sind höher als die von Rubner gefundenen. Dazu ist zu bemerken, dass Rubner's calori-

1) Im Calorimeter

metrische Messungen an weniger dichtem und völlig ausgewaschenem Leinenzeug angestellt wurden, während das von mir verwendete Leinen nur sehr geringen Luftgehalt aufwies, und ausserdem in appretirtem Zustande untersucht wurde.

Die höchste Zahl weist der Shirtingstoff auf, er ist aber zugleich auch der dünnste und specifisch schwerste. Er lässt etwa 100mal soviel Wärme hindurch wie die wollene rothe Schlafdecke.

Allgemein giltige Zahlen für den absoluten Wärmedurchgang bei einer Watteschicht anzugeben, ist schwierig. Die Verhältnisse ändern sich hier, entsprechend den Schwankungen des Druckes, dem die Schicht ausgesetzt ist. Ich habe die Dicke als Maassstab angenommen, die im Calorimeter bei gleichmässiger Füllung gegeben war, d. h. also 5 mm.

Die Differenz zwischen Baumwollwatte und Wollwatte im Leitungsvermögen ist hier kleiner als man von vornherein annehmen sollte. Es ist hier eben nur die Differenz der Grundstoffe, die ihren Ausdruck findet.

Was die Combinationen anlangt, so stimmen die für sie gewonnenen Zahlen gut mit den für die Componenten erhaltenen überein. Die Zugabe eines besser leitenden Stoffes erhöht auch die Zahl für den absoluten Wärmedurchgang. Für die beiden letzten Combinationen musste als Dicke 5 mm gewählt werden, da das verwendete Calorimeter keine grösseren Dimensionen zuliess. Ich habe mich durch einige Messungen überzeugt, dass für die gebräuchlichen Steppdecken dieses Dickenmaass zu gering ist. In neuem oder wenig gebrauchtem Zustande beträgt ihre Stärke durchschnittlich 0,8—1,0 cm. Erst nach längerem Gebrauch drücken sie sich zusammen und schrumpfen dann oft auf 5 mm Dicke ein.

Die praktischen Consequenzen brauchen aus den gewonnenen Zahlen kaum erst gezogen zu werden, denn sie liegen auf der Hand. Der geringste Wärmeverlust findet statt bei der mit Wollwatte gefüllten Steppdecke, es folgt dann die locker gewebte Wolldecke, dann die Steppdecke mit Baumwollwattefüllung und an vierter Stelle die dichter gewebte wollene Schlafdecke.

Berücksichtigt man aber zugleich die Leichtigkeit der Bedeckung, so steht die unter Nr. 1 untersuchte Wolldecke an Leistungsfähigkeit oben an.

Das Wärmeleitungsvermögen für einige andere zur Bettausrüstung benützte Stoffe, wie Bettfedern, Rosshaare und Seegras ist bereits von Rubner bestimmt worden.[1])

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXIV, S. 312 u. 313.

Weitere Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes.

Von

Dr. G. W. Chlopin,

Professor der Hygiene an der K. Universität Jurjew (Dorpat).

Am Schluss des Jahres 1895 berichteten wir der chemischen Abtheilung der Moskauer Gesellschaft für Naturwissenschaften, Anthropologie und Geographie über die Resultate, welche wir bei der Prüfung des Winkler'schen Verfahrens im Vergleich mit der gasometrischen Methode Bunsen's erhielten[1]).

Auf Grund der damals von uns festgestellten Daten fanden wir, dass bei dem Winkler'schen Verfahren, das auf der Oxydation des Manganoxyduls zu Manganoxyd durch den im Wasser gelösten Sauerstoff beruht, Resultate erhalten werden, welche die nach dem geometrischen Verfahren gefundenen Zahlen im Mittel um **0,1** % bei der Bestimmung des Sauerstoffs in destillirtem Wasser, im gewöhnlichen Trinkwasser um **0,14** % übertreffen. Hiernach zeichnet sich das Verfahren Winkler's[2]) durch grosse Genauigkeit aus und erweist sich als vollkommen zu hygienischen Zwecken geeignet, nicht blos bei Sauerstoff-Bestimmungen, sondern auch als Handhabe bei der Controle anderer Methoden.

---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXVII, H. 1. Refer. Hygienische Rundschau, 1897, Nr. 18, 5, 904.

2) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft, 1888, XXI, S. 2844 und 1889, XXII, S. 1764.

Hierbei wiesen wir darauf hin, dass die Methode Winkler's nur in sehr hartem Wasser wesentliche Fehler ergeben kann, und zwar niedrigere Resultate, wenn man bei der Bestimmung eine zu kleine Quantität Aetznatron, oder aber in einigen Fällen zu wenig Manganchlorür zufügt, da sich bei der Reaction dann nicht Manganoxydulhydrat, sondern Mangancarbonat bildet, ein Salz, welches sich schwer oxydirt.

Bei weiteren Untersuchungen zur Controle des Winkler-schen Verfahrens berücksichtigten wir besonders den Einfluss der Temperatur des zu untersuchenden Wassers, die Einwirkungs-dauer des Reagens auf dasselbe und den Einfluss der in der Lösung vorhandenen salpetrigsauren Salze. Darauf gingen wir zur Controle zweier anderer Methoden zur Bestimmung des Sauerstoffes über, und zwar der von Mohr, letztere mit den von Levy vorgeschlagenen Modificationen. Hierbei nahmen wir als Vergleichseinheit theilweise die Resultate an, die wir nach dem gasometrischen Verfahren Tiemann-Hempel erhielten, hauptsächlich jedoch die Daten der Winkler'schen Methode.

I. Winkler's Methode.

a) Der Einfluss der Temperatur auf das Resultat der Bestimmung, ausgedrückt in Cubikcentimetern.

Tabelle I.

Die Proben	Temperatur					
	3,5°	6°	7°	20°	32,5°	65°
1. Destill. Wasser	—	2,80	—	—	—	2,84
2. Dasselbe	—	—	3,74	—	3,64	—
3. Dasselbe	—	—	4,88	4,30	—	—
4. Dasselbe	5,96		—	5,94	—	—
5. Flusswasser aus der Moskwa	4,64	—	—	4,63	—	—

Aus den angeführten Thatsachen ist ersichtlich, dass die Temperatur des Wassers in den Grenzen, in denen man es unter gewöhnlichen Bedingungen findet, keinen Einfluss auf die Resultate der Sauerstoff-Bestimmung nach Winkler ausübt.

b) Die Dauer der Einwirkung der Reagentien auf das zu untersuchende Wasser ist nicht ohne Einfluss auf die Resultate der Bestimmung. Vermeiden lässt sich dieses dadurch, dass man das Wasser $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden lang stehen lässt, bis der bei Reaction gebildete Niederschlag sich abgesetzt und die Flüssigkeit sich vollständig geklärt hat. Falls diese Regel nicht beobachtet wird, erhält man geringere Resultate. Lässt man die Reagentien noch länger einwirken, so bleiben die Resultate unverändert.

c) Um dem schädlichen Einfluss der salpetrigsauren Salze die auf Kosten des im Wasser enthaltenen Sauerstoffes, zu salpetersauren Salzen oxydirt werden, auszuweichen, schlug Winkler vor, die Reagentien in einer bestimmten Reihenfolge anzuwenden: 1 ccm Natron ohne KJ, 6 ccm HCl und 1 ccm 10 proc. KJ (Jodkalium zu allerletzt) und empfahl eine specielle Correction für die Nitrite einzuführen, begründet auf der Voraussetzung, dass die Oxydation der salpetrigen Säure durch Manganchlorid in quantitativem Sinne verläuft[1]).

Nachdem wir uns eine Lösung mit bestimmtem Gehalt an salpetriger Säure (ausgehend von salpetrigsaurem Silber), sowie auch eine Lösung eines Gemisches von Manganchlorid mit Manganchlorür, nach Winkler's Angaben hergestellt, führten wir einige Bestimmungen der salpetrigen Säure nach der Winkler'schen Methode aus und erhielten hierbei folgende Resultate:

Tabelle II.

Ein Liter der bereit. Lösung enthielt N_2O_3	Gefunden mit Manganchlorid nach Winkler	Unterschied nach Winkler's Methode
	I. Versuch.	
5 mg	3,95	< um 21%
	II. Versuch.	
3,53 mg	1,38	< um 35,4%

Nach diesen Versuchen konnten wir schon darauf schliessen, dass bei Gegenwart von Nitriten die Winkler'sche Methode

1) Op. cit., 1888, S. 2853.

auch mit der verbesserten Modification ein Minus ergeben muss. Zur weiteren Bestätigung des Gesagten führen wir noch folgende Versuche an:

Tabelle III.

	Versuch I	Versuch II
I. Wasser ohne Nitrite	6,208 ccm	5,809 ccm
II. In demselben Wasser haben wir nach Zusatz von Nitriten, nach dem verbesserten Modus erhalten	6,021 ccm	5,628 ccm
Unterschied	— 0,187 ccm	— 0,181 ccm

Hieraus folgt, dass für eine quantitative Bestimmung der salpetrigen Säure das Mangantrichlorid nicht angewandt werden kann, da es weniger genaue Resultate ergibt als die Methode von Mohr-Klassen (titriren mit Kali hypermang); zugleich erweist sich die auf obiger Voraussetzung begründete, von Winkler vorgeschlagene, verbesserte Modification zur Vermeidung des schädlichen Einflusses der salpetrigsauren Salze auf die Bestimmung des Sauerstoffes als nicht ganz zweckentsprechend. Falls also das Wasser salpetrige Säure enthält, so werden die Resultate der Bestimmung des Sauerstoffes nach Winkler immer ein Minus ergeben.

Zum Schluss sei bei der Besprechung der Methode Winkler's noch darauf hingewiesen, dass es nicht nur bei Wasser, das mehr als 0,1 mg N_2O_3 enthält, sondern bei jedem Wasser, welches auch nur Spuren von salpetriger Säure enthält, nöthig ist, nach der von Winkler empfohlenen, verbesserten Modification die Reagentien in bestimmter Reihenfolge (Jodkalium zuletzt) hinzuzufügen.

II. Methode von Schützenberger und Risler.

Ueber die Methode von Schützenberger und Risler findet sich eine recht reiche Literatur, die sich jedoch häufig genug widerspricht, weshalb es sich als unbedingt nothwendig

erwies, dieselbe gegenwärtig einer erneuten Controle zu unterziehen. Unter den zahlreichen Modificationen dieser Methode haben wir besonders eine bearbeitet, und zwar die in der hygienischen Praxis allergebräuchlichste und sicherste, die von Tiemann und Preusse.

Schützenberger's Methode[1]) beruht darauf, dass eine wässerige Lösung von blauem Indigo durch hydroschwefligsaures Natron ($Na_2S_2O_4$) zu weissem Indigo reducirt wird. Letzterer wird nach der Reaction durch den Sauerstoff des Wassers wieder in blauen Indigo übergeführt und hierauf mit hydroschwefligsaurem Natron im Wasserstoffstrome zurücktitrirt. Die Reaction vollzieht sich nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{weisser Indigo}}{C_{16}H_{10}N_2O_2(SO_3Na)_2} + O = \underset{\text{blauer Indigo}}{C_{16}H_8N_2O_2(SO_3Na)_2} + H_2O$$

$$C_{16}H_8N_2O_2(SO_3Na)_2 + 2H = C_{16}H_{10}N_2O_2(SO_3Na)_2.$$

Der Titer des hydroschwefligsauren Natrons wird auf eine ammoniakalische Lösung von schwefelsaurem Kupfer eingestellt, enthaltend 4,469 g $CuSO_4 + 5H_2O$ im Liter; 10 ccm dieser Lösung geben bei der Reduction des Kupferoxyds zu Kupferoxydul 1 ccm Sauerstoff von 0o und 760 mm B. ab.

A. Beim Vergleichen der Methode Schützenberger mit dem gasometrischen Verfahren Tiemann und Hempels erhielten wir folgende Resultate:

Tabelle IV.

	I. Versuch	II. Versuch
Nach Schützenberger-Risler	4,30 ccm	6,20 ccm
Nach Tiemann-Hempel	4,20 ccm	6,00 ccm

1) Comptes Rendus de l'Acad. Franç. XXV, p. 879 Bullet. de la société chim. de Paris, XXIII, p. 444 u. 1873, XIX, p. 152—156. Internation scientif. Séries 20. 108. Nach Tiemann, Handbuch d. Untersuch. u. Beurtheil. der Wasser, 1895, Aufl. 4, S. 312—329.

B. Ein Vergleich der Methode Schützenberger-Risler mit der von Winkler ergab folgende Resultate:

Tabelle V.

Für destillirtes Wasser.

(Cubikcentimeter 0 von 0° und 760 mm im Liter.)

Nr.	Nach Schützenberg.-Risler	Nach Winkler	Nach Schützenberger-Risler mehr od. weniger als nach Winkler in ccm
1.	2,60	2,34	+ 0,26
2.	3,60	3,88	— 0,18
3.	4,00	4,05	— 0,05
4.	4,00	3,82	+ 0,08
5.	4,36	4,90	— 0,54
6.	4,29	4,38	— 0,09
7.	4,64	4,91	— 0,27
8.	4,36	4,30	+ 0,06
9.	6,08	6,28	— 0,25
10.	6,04	6,28	— 0,24
11.	6,08	6,24	— 0,16
12.	6,07	6,36	— 0,29
13.	6,13	6,29	— 0,16
14.	6,14	6,27	— 0,13
15.	6,12	6,34	— 0,22
16.	6,17	6,38	— 0,21
17.	6,22	6,22	0
18.	6,29	6,25	+ 0,04
19.	6,27	6,38	— 0,11
20.	6,00	6,28	— 0,28
Im Durchschnitte	5,27	5,40	— 0,13

Wie aus der Tabelle ersichtlich, gibt die Methode von Schützenberger-Risler bei der Sauerstoff-Bestimmung in destillirtem Wasser im Durchschnitt beinahe übereinstimmende Resultate mit der Winkler'schen Methode (< um 0,13 ccm Sauerstoff im Liter), folglich entspricht sie auch dem gasometrischen Verfahren. Bei einzelnen Bestimmungen bemerkten wir Schwankungen, die sich in den Grenzen eines Minus bis 0,54 ccm (bis 11 %) und eines Plus bis 0,26 ccm in einem Liter (bis 5,3 %) bewegten.

Tabelle VI.

Für Trinkwasser.

(Cubikcentimeter 0 von 0° und 760 mm im Liter.)

Nummer	Quellen	Nach Schütz.-berger-Risler	Nach Winkler	Nach Schützenberger-Risler mehr oder weniger, als nach Winkler
	a) Die sehr verunreinigten Wasser.			
1.	Brunnen Nr. 1	3,50	3,13	+ 0,37 mit N_2O_3
2.	Dasselbe	4,00	3,59	+ 0,41
3.	Brunnen Nr. 2	3,14	2,85	+ 0,29 mit N_2O_3
4.	Dasselbe, mit Luft geschüttelt	5,44	5,40	+ 0,04
5.	Aus einem Teiche	2,00	1,84	+ 0,16 mit N_2O_3
6.	Dasselbe	2,40	2,39	+ 0,01
7.	Dasselbe, mit Luft geschüttelt	5,03	5,50	— 0,47
	b) Die unreinen Wasser.			
8.	Aus dem Flusse Moskwa	6,26	6,20	+ 0,06
9.	Dasselbe	6,15	6,10	+ 0,05
	c) Die ganz reinen Wasser.			
10.	Aus Moskauer Leitung	3,60	3,70	— 0,10
11.	Dasselbe	4,16	4,17	— 0,01
12.	Dasselbe	4,53	4,58	— 0,05
13.	Aus dem artesischen Brunnen der Moskauer Klinik	2,20	1,90	+ 0,30
14.	Dasselbe	2,4	2,25	+ 0,15
15.	Dasselbe, nachdem es 24 Stunden im Laboratorium gestanden hatte	4,67	4,82	— 0,17
16.	Dasselbe, mit Luft geschüttelt	6,27	6,87	— 0,60
17.	Dasselbe	6,00	6,25	— 0,25
18.	Aus einem artesischen Brunnen	2,30	2,26	+ 0,04
19.	Dasselbe	2,00	1,85	+ 0,15
20.	Dasselbe, mit Luft geschüttelt	5,85	5,97	— 0,12
	Im Durchschnitte	4,10	4,08	+ 0,02

Die Methode Schützenberger-Risler gibt also auch im Trinkwasser im Durchschnitt beinahe dieselben Resultate wie das Winkler'sche Verfahren. In vier Fällen aber erreichten die Abweichungen vom letzteren Verfahren ein Minus bis 9 % und ein Plus von 15,3 %, in den übrigen 16 Bestimmungen waren die Schwankungen bedeutend kleiner, und konnten wir die nach Schützenberger-Risler erhaltenen

Resultate als befriedigend bezeichnen. In diesen Abweichungen haben wir eine gewisse Regelmässigkeit bemerkt. In Wässern mit einem mittleren Sauerstoffgehalt (3,5—5,0 ccm im Liter) näherten sich die Resultate nach der Schützenberger-Risler'schen Methode den Angaben Winkler's: nach Schützenberger-Risler erhielten wir 4,17 ccm und nach Winkler 4,20 ccm (Durchschnittszahl von 11 Untersuchungen); in Wässern dagegen mit einem kleineren Gehalt an Sauerstoff (2—3 ccm im Liter) erhielten wir nach Schützenberger und Risler höhere Resultate als die nach Winkler: 2,43 ccm nach Schützenberger-Risler und 2,25 ccm nach Winkler (Durchschnittszahl von 8 Bestimmungen); endlich erhielten wir bei einem grösseren Sauerstoffgehalt (mehr als 5,5 ccm im Liter) in den meisten Fällen nach Schützenberger-Risler geringere Resultate als nach Winkler: 6,03 ccm nach dem ersteren und 6,26 ccm nach dem letzteren (Durchschnittszahl von 12 Bestimmungen). Die von uns hervorgehobene Abhängigkeit der Resultate nach Schützenberger Risler von der absoluten Menge des in dem zu untersuchenden befindlichen Wassersauerstoffes gestattet uns die Voraussetzung auszusprechen, dass eben diese Abhängigkeit auch ein Grund für die scharfen Gegensätze war, wie sie in den Resultaten der Controlarbeiten für diese Methode, ausgeführt von einigen früheren Autoren hervortraten, wie z. B. in den Arbeiten König's und seiner Schüler[1]), Roscoe's und Lunt's[2]) einerseits, Tiemann's, William's und Ramsay's[4]) andererseits.

Neben den angeführten Umständen können jedoch bei der Sauerstoff-Bestimmung nach dieser Methode auch andere Fehlerquellen auftreten, als namentlich die überausgrosse Unbeständigkeit

1) Bericht d. deutsch. chem. Gesellsch., X, 2017, XIII, 154. Zeitschr. für analytische Chemie, 1880, XIX, 259. Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1891, 108.

2) Journal of the Chemic. Society, 1889, vol. XV, Trans, p. 552.

3) Bericht d. deutsch. chem. Gesellsch., XIII, 1877, S. 1282, und XII, S. 1774 und 1783.

4) Journal of the Chemic. Society, 1886, vol. XLIX, Trans. 751.

der Lösung von hydroschwefligsaurem Natron, dessen Titer sich schon in der Bürette während des Titrirens ändert; weiterhin kommt die Concentration erwähnter Lösung in Betracht, die Stärke und Darstellungsweise der Indigolösung, auch zu berücksichtigen wäre die Construction des Apparates, in welchem die Bestimmung ausgeführt wird, die Stärke des Wasserstoffstromes, die Menge des zu untersuchenden Wassers und noch weitere Umstände.

Zur Beseitigung des störenden Einflusses der angeführten Mängel sind von uns bei Anwendung der Methode Schützenberger-Risler auf Grundlage einer ganzen Reihe von Controlversuchen folgende Vervollkommungen empfohlen worden, bei deren Befolgung unsere befriedigenden Resultate erhalten wurden.

1. Die Lösung des hydroschwefligsauren Natrons bereite man durch Reduction von saurem, schwefligsaurem Natron (ver. gew. 1,25) vermittelst Zinkstaub und bewahre dieselbe in kleinen Gefässen auf, wie Tiemann empfiehlt, keineswegs jedoch nach dem Verfahren König's in grossen Flaschen unter einer Schicht von Benzol oder Petroleum.

2. Der Titer der Lösung des hydroschwefligsauren Natrons wird auf eine ammoniakalische Lösung von schwefelsaurem Kupfer eingestellt, enthaltend 4,469 g im Liter (10 ccm dieser Lösung entsprechen 1 ccm O und nicht mehr als 5 ccm der Lösung des hydroschwefligsauren Natrons). Als Indicator dienen nach Bernthsen 2—3 Tropfen der unten angeführten Indigolösung.

3. Die Indigolösung bereite man jedoch nicht aus Indigocarmin, sondern aus Indigotin; die zweckmässigste Concentration sind 5,0, höchstens 10,0 g Indigotin im Liter Wasser.

4. Die Bestimmung führe man in dem von König und den andern von uns citirten Autoren, vervollkommneten Apparate Tiemann und Preusse's unter Erwärmen auf 45° C. im Wasserstoffstrome aus. Um im Verlauf der

ganzen Untersuchung einen continuirlichen Wasserstoffstrom von genügender Stärke zu erhalten, fügen wir zu dem Tiemann'schen Apparat noch ein 3—4 l fassendes Glasgefäss *K*, versehen mit einer Röhre *is* nebst Krahn *x* und einem Kautschukschlauch *m* hinzu. In das Gefäss *K* wird Schwefelsäure (1:6) gegossen, welcher man einige Tropfen einer wässerigen Lösung von Platinchlorid beigefügt hat. Bläst man nun Luft durch *m* in das Gefäss *K*, so kann man Schwefelsäure in beliebigen Mengen in den Kipp-schen Apparat hinüberleiten und, wenn man oben den Krahn *x* schliesst, den Wasserstoff im Kipp'schen Apparat unter einigem Druck erhalten (Fig. 1). Die Einstellung des Titers führe man in einem speciellen Apparate aus, bestehend aus einem breithalsigen 200 ccm fassenden Gefässe. Die Gummistöpsel beider Apparate werden mit einer Mischung aus Wachs und Colophonium verdichtet.[1])

Die Beobachtung aller angeführten Bedingungen, unter Erfordernis besonderer Aufmerksamkeit und Geübtheit, macht die Methode Schützenberger-Risler umständlich, zeitraubend und ungeachtet der befriedigenden Genauigkeit, Zufälligkeiten ausgesetzt.

III. Methode Mohr-Levy.

Die Methode von Mohr in ihrer klassischen Form beruht auf die besonders starke Verwandtschaft der Ferro-Salze in alkalischer Lösung zum Sauerstoff, während ihre Affinität zu demselben in saurer Lösung sehr gering ist.[2]) Die Reaction verläuft nach folgender Gleichung:

$$1.\ FeSO_4 + 2\,NaOH = Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$$

$$2.\ 2\,Fe(OH)_2 + O + H_2O = Fe_2(OH)_6.$$

1) Das Nähere siehe: Г. В. Хлопинъ. Къ методикѣ опредѣленія раствореннаго въ водѣ кислорода, 1896, Diss., S. 43—74, 124—141; Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuch. u. Beurtheil. der Wässer, 1895, S. 312—329.

2) F. Mohr's Lehrbuch der chem.-analytischen Titrirmethoden, Abth. I, Aufl. 3, S. 211, 870.

Bezüglich dieser Methode finden sich in der Literatur zwei einander entgegengesetzte Meinungen. Tiemann und Preusse[1]) gelangen nach der Controle der Methode Mohr's zum Schluss dasselbige sich zur quantitativen Bestimmung des Sauerstoffes

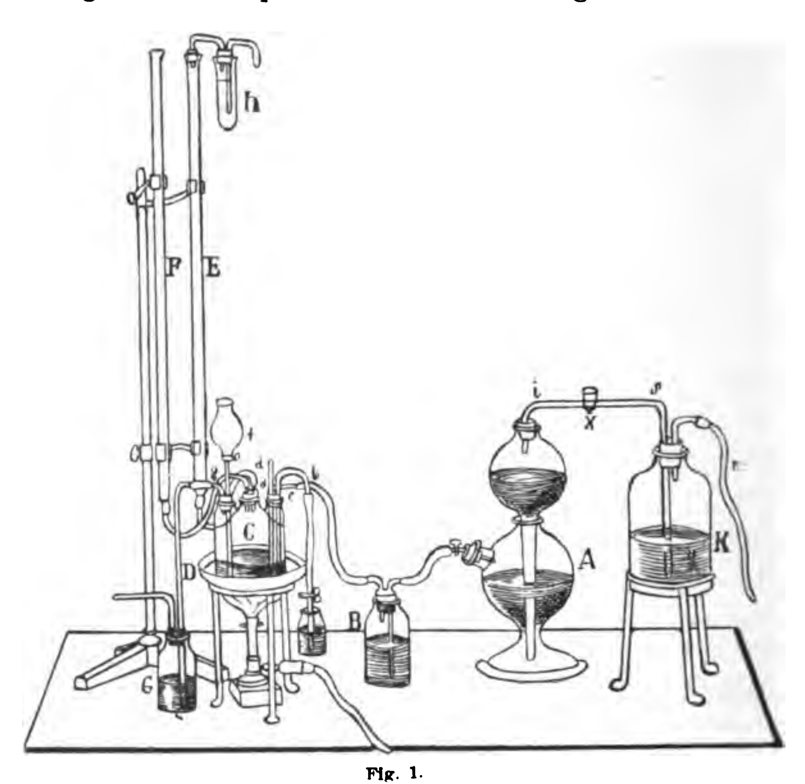


Fig. 1.
Apparat Tiemann-Preusse's für die Sauerstoffbestimmung nach Schützenberger-Risler, ergänzt von Chlopin.

nicht empfehlen lasse; dem gegenüber bezeichnen König und seine Schüler[2]) die angeführte Methode als durchaus genau.

1) Bericht d. deutsch. chem. Gesellsch., XII, S. 1786 u. 1879. Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuch. und Beurtheil. der Wässer, 1895, S. 5, 298.

2) Bericht d. deutsch. chem. Gesellsch., 1877, X, S. 2020. Zeitschr. f. analytische Chemie, 1880, XIX, 1, S. 276—280. Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1891, S. 207.

Die von Levy[1]) ausgeführten Vervollkommungen bestehen 1. im Ersatz des Aetzkali durch kohlensaures Kali (10%), 2. in der Verringerung des in Untersuchung zu nehmenden Wasser-Volumens (anstatt 500 nur 150 ccm), 3. in einer sehr bedeutenden Verkürzung der Reactionsdauer zwischen dem Eisensalz und dem sauerstoffhaltigen Wasser, wobei als 4. Vervollkommnung — ein sehr einfacher Apparat, die sogenannte »Pipette Levy's« zur Anwendung kommt, welche den Sauerstoff-Zutritt auch ohne Anwendung von CO_2 verhindert (Fig. 2).

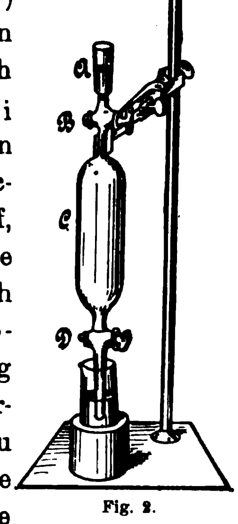


Fig. 2.
Lewy's Pipette.

Wir haben schon 1893 darauf hingewiesen,[2]) dass durch alle aufgezählten Verbesserungen Levy's in Wirklichkeit in die schon ursprünglich nicht ganz sichere Methode noch zwei Fehlerquellen hineingebracht worden sind, deren eine die zu kurz bemessene Reactionsdauer zwischen Eisensalzen und Sauerstoff, durch Mohr selbst berichtigt ist, während die zweite, der Einfluss der Temperatur, durch Tiemann[3]), später durch unsere und Dr. Sokolow's[4]) Arbeit beseitigt wurde. Die Bestimmung des Sauerstoffes nach Levy wird folgendermaassen ausgeführt: mit der Pipette wird das zu untersuchende Wasser aufgesaugt (in *C*) und die Krähne *B* und *D* geschlossen. Das untere Ende der Pipette wird in ein Glas mit Schwefelsäure (2 ccm H_2SO_4 1:1) getaucht. Durch den Trichter *A*, aus welchem das Wasser vordem entfernt wird, giesst man anfangs 2 ccm kohlensaures Kali (10%), nachdem man den Krahn *D* geöffnet und verhindert den Luftzutritt nach *C*, sodann fügt man 3 ccm von dem Mohr'schen Salz (31,36 g in 1 l) hinzu und schliesslich, kurze Zeit darauf, nachdem man *D* geschlossen, 2 ccm Schwefelsäure (1:1). Hierbei wird der Niederschlag der Eisen-

1) Annuaire de l'observatoire de Montsouris, 1885—1895.
2) Wratsch, 1893, Nr. 12.
3) Op. cit., 1879, XII, S. 1786.
4) Wratsch, 1893, Separatabdruck.

oxyd- und Oxydulsalze in *C* durch die Schwefelsäure gelöst, worauf man die Flüssigkeit aus der Pipette in ein Glas giesst. Die Menge des von dem Sauerstoff des Wassers nicht oxydirten Eisenoxyduls wird durch Titriren mit Kalihypermanganicum wie gewöhnlich bestimmt. Kennt man nun den Gehalt des in die Pipette gebrachten Mohr'schen Salzes an Eisenoxydul vor und nach dem Experiment, so lässt sich daraus die Menge des im gegebenen Volumen Wassers (ca. 150 ccm) in Lösung befindlichen Sauerstoffes bestimmen. »La reaction est instantanée« behauptet Levy und in der That, die ganze Bestimmung lässt sich in 5—7 Minuten ausführen.[1])

Beim Vergleich der Methode von Mohr-Levy mit dem gasometrischen Verfahren von Tiemann-Hempel erhielten wir folgende Daten:

Nummer	Nach Tiemann-Hempel	Nach Mohr-Levy	Folglich nach Mohr-Levy ein Minus
1.	4,20 ccm	3,0 ccm	-- 1,20 ccm
2.	6,00 »	4,2 »	-- 1,80 »
3.	2,11 »	0,4 »	- 1,71 »

Demnach gibt die Methode von Mohr-Levy ein Deficit von 39 %.

Die Vergleiche mit der Methode Winkler's folgen in nachstehenden beiden Tabellen.

Tabelle VII.

Resultate der Methode Mohr-Levy und Winkler bei Sauerstoffbestimmungen in destillirtem Wasser.

(Cubikcentimeter 0 bei 0° 760 mm in 1 Liter.)

Nummer	T. ° C.	Nach Levy	Nach Winkler	Nach Levy weniger als nach Winkler
1.	19	4,99	6,13	— 1,14
2.	19	5,47	6,17	— 0,70
3.	18	5,09	6,32	— 1,23
4.	18	5,54	6,32	— 0,78
5.	17	5,56	6,35	— 0,89
6.	16	5,72	6,60	— 0,88

1) Annuaire de l'observatoire de Montsouris, 1885—1895.

Nummer	T. ° C.	Nach Levy	Nach Winkler	Nach Levy weniger als nach Winkler
7.	16	5,74	6,60	— 0,86
8.	16	4,88	6,58	— 1,70
9.	16	5,15	6,58	— 1,48
10.	3,5	4,28	6,04	— 1,76
11.	3,5	5,20	6,04	— 0,84
Im Durchschnitte		5,24	6,34	— 1,1

Als Durchschnittszahl von 11 Bestimmungen, welche je zweimal ausgeführt wurden, ergab die Methode Mohr-Levy um 19,9 % niedrigere Resultate als diejenige Winkler's.

Tabelle VIII.

Resultate der Sauerstoffbestimmung nach Mohr-Levy und Winkler im Trinkwasser.

(Cubikcentimeter 0 bei 0° und 760 mm in 1 Liter.)

Nummer	Quellen	Nach Mohr-Levy	Nach Winkler	Nach Levy weniger als nach Winkler
	a) Die sehr verunreinigten Wasser.			
1.	Brunnen N.	2,73	3,14	— 0,41
2.	Dasselbe	2,78	3,25	— 0,47
3.	Dasselbe	3,00	3,50	— 0,50
4.	Ein Teich	0	1,30	— 1,30
5.	Dasselbe	0	1,73	— 1,73
	b) Die nicht reinen Wasser.			
6.	Aus dem Flusse Moskwa . . .	5,14	6,46	— 1,32
7.	Dasselbe	5,06	6,22	— 1,16
8.	Dasselbe	4,60	5,02	— 0,42
9.	Dasselbe	4,50	4,80	— 0,30
	c) Die ganz reinen Wasser.			
10.	Aus der Moskauer Leitung . .	3,75	6,62	— 2,87
11.	Dasselbe	2,96	3,71	— 0,75
12.	Aus dem artesischen Brunnen . .	3,95	6,30	— 2,35
13.	Dasselbe	0,69	1,12	— 0,43
14.	Dasselbe	0,90	1,33	— 0,43
15.	Dasselbe, mit Luft geschüttelt .	4,47	6,33	— 1,86
	Im Durchschnitte	2,97	4,06	— 1,09

Demgemäss ergab die Sauerstoff-Bestimmung des Trinkwassers nach Levy im Durchschnitt um 26,9% niedrigere Resultate als die Methode Winkler's.

Wie auch auf Grundlage der von uns oben angeführten theoretischen Betrachtungen zu erwarten war, ergibt die Methode Levy noch ungenauere Resultate als die Original-Methode Mohr's. Die Resultate fallen stets niedriger aus.

Diese Ungenauigkeit lässt sich auf zwei Gründe zurückführen: 1. auf den Einfluss der nicht richtig bemessenen Dauer der Oxydation des Eisensalzes durch den Sauerstoff; 2. auf den Einfluss der Temperatur, bei welcher die Reaction ausgeführt wird.

In nachstehender Tabelle zeigt sich der Einfluss der längeren oder kürzeren Einwirkung des Sauerstoffes auf das Eisensalz.

Tabelle IX.

	Zeit der Reaction	1½	3	5	15	20	60	Nach Winkler
		Minuten						
1.	Destillirtes Wasser.	4,0	4,60	4,69	4,72	4,80	—	—
2.	» »	—	5,09	5,54	—	—	—	—
3.	» »	—	—	5,00	—	—	5,48	6,17
4.	» »	—	—	4,88	5,16	—	—	—
5.	Flussw. d. Moskwa	—	—	4,88	5,16	—	5,56	6,35

Wir ersehen hieraus, dass mit der Reactionsdauer auch die sich daraus ergebenden Zahlen wachsen, wobei jedoch bei einstündigem Zusammenwirken, nach der Methode Levy's, niedrigere Ziffern als nach derjenigen Winkler's erhalten werden. Eine längere Ausdehnung der Reaction ist eben nicht möglich, weil das zu untersuchende Wasser eine rostige Färbung annimmt, welche das Ende der Titration des Eisens durch Kalihypermanganicum nicht erkennen lässt. Es lässt sich allerdings dieses Hindernis entfernen, indem man beim Titriren als Indicator einige Tropfen blauer Indigolösung anwendet. Letztere wird erst nach dem Eisen oxydirt.

Zum Beweise des Einflusses der Temperatur bei der Sauerstoffbestimmung nach Levy auf die Resultate, führen wir in

nachstehender Tabelle Daten an, die unter Beobachtung gleich langer Oxydationsdauer (10 Minuten) erhalten sind.

Tabelle X.

Nummer	Benennung der Quellen	Temperatur des Wassers nach °C.	Gefundener Sauerstoff in ccm
1.	Der Fluss Moskwa	+ 5°	3,14
2.	Dasselbe	+ 28°	5,69
3.	Brunnen A	+ 0,3°	2,50
4.	Dasselbe	+ 15,0°	2,78
5.	Brunnen B	+ 0,3°	4,20
6.	Dasselbe	+ 20,0°	6,15
7.	Brunnen C	+ 5,0°	3,68
8.	Dasselbe	+ 30,0°	4,46

Auf Grund alles oben Angeführten gelangen wir bezüglich der drei von uns controlirten Methoden zur Sauerstoff-Bestimmung im Wasser zu nachstehender Schlussfolgerung.

1. Die Methode Winkler's verdient, wegen ihrer Genauigkeit, Einfachheit und Schnelligkeit in der Ausführung, eine weitgehende Bedeutung in der sanitären Praxis.

2. Mit der Methode Schützenberger-Risler lassen sich befriedigende Resultate erzielen. Diese sind jedoch nur zu erreichen unter Zurücktitriren, sowie auch peinlicher Beobachtung der in vorstehender Abhandlung hervorgehobenen Bedingungen. Demzufolge wird diese Methode complicirt, zeitraubend und Zufälligkeiten ausgesetzt.

3. Die Methode Mohr-Levy gibt ungenaue Resultate und stets geringere Daten, so dass ihre Anwendung, ungeachtet ihrer Einfachheit und der Schnelligkeit ihrer Ausführung, in der sanitären Praxis nicht zu empfehlen ist.

Diese Arbeit ist noch im hygienischen und zum Theil im physiologischen Institut an der K. Moskauer Universität ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen Lehrern — Herrn Prof. F. F. Erismann, dem ehemaligen Vorstand des hygienischen Instituts in Moskau und Herrn Prof. J. M. Setschenoff, dem Director des physiologischen Instituts — zu danken.

12. Februar 1898. Prof. Chlopin.

Besitzt das Coffeon und die coffeïnfreien Kaffeesurrogate eine kaffeeartige Wirkung.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann** und Dr. **Felix Wilhelm.**

Referent: **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Einleitung.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Wirkung des fertigen Kaffeegetränkes vorwiegend eine Coffeïnwirkung ist. Dafür spricht schon, dass andere coffeïnhaltige Genussmittel (z. B. Thee, Maté) als Ersatzmittel für Kaffee gebraucht werden können und in vielen Ländern fast ausschliesslich gebraucht werden. Dagegen ist die Frage zur Zeit noch nicht befriedigend und einwandfrei beantwortet, ob nicht dem Coffeon[1]), dem wohlriechenden, wohlschmeckenden »ätherischen Oel« der gerösteten Kaffeebohnen eine Bedeutung für die Kaffeewirkung zugeschrieben werden muss. Die Frage ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil alle Kaffeesurrogate, die bei uns üblich sind, sicher kein Coffeïn, dagegen riechende und schmeckende, aromatische Substanzen enthalten, die mit dem Coffeon vielleicht einigermaassen verwandt sei könnten. Die vorhandene Literatur ist wenig brauchbar zur Entscheidung dieser Frage, hierzu sind meines Erachtens Versuche an Menschen durchaus nothwendig.

---

1) Wir haben die Schreibweise Coffeon vor der von manchen Autoren gewählten »Kaffeon« bevorzugt, auch der Name Caffeol scheint uns nicht besonders empfehlenswerth.

Um diese interessante Frage thunlichst aufzuklären, verband ich mich mit Herrn cand. med. Wilhelm. Die Herstellung der verschiedenen zu prüfenden Extracte, Destillate etc. war meine Sorge, während Herr Wilhelm die Mehrzahl der Versuche an sich ausführte, oder die Beobachtung der Versuchsperson übernahm. Einige Versuche habe ich auch an mir angestellt, und versucht nach Herrn Wilhelm's Abgang von der Universität, die Resultate noch etwas weiter zu fördern[1]).

2. Literatur.

Was uns von Literaturquellen über Coffeonwirkung bekannt ist, findet sich bis zum Jahre 1878 in der Arbeit von Binz: Beiträge zur Kenntnis der Kaffeebestandtheile[2]), citirt und auch später hat sich Binz für die Frage lebhaft interessirt.

Eine sehr starke Wirkung wollte J. Lehmann,[3]) der erste Forscher, der überhaupt die Coffeonwirkung prüfte, gefunden haben. Er gab zwei Männern in vier Gläsern auf einen Tag vertheilt das empyreumatische Oel aus ca. 70 g gerösteten Bohnen, das er durch wiederholte Destillation gerösteter Kaffeebohnen mit Wasser gewonnen hatte, und erhielt die Angabe, dass die Wirkung des Genusses eine angenehme Aufregung und Verschwinden des Gefühls der Nüchternheit sei. Der Einfluss auf die Hirnthätigkeit schien sich mehr auf den Verstand, als auf die Phantasie zu beziehen. Objectiv fand J. Lehmann dabei eine bedeutende Verminderung der Absonderung der festen Bestandtheile des Harns, besonders der Phosphorsäure und des Harnstoffes. Bei Verdoppelung der Dosis des empyreumatischen Oels zeigten sich Congestionen, starker Schweiss und Schlaflosigkeit. Controlversuche an anderen Personen ergaben im Ganzen ähnliche Symptome. Bei einigen traten sogar kurz nach Einnahme des empyreumatischen Oels Stuhlentleerungen ein.

1) Einen Theil der Resultate bringt die Dissertation des Herrn Wilhelm: Ist das Coffeon bei der Kaffeewirkung betheiligt? Würzburg 1895.

2) Archiv für exper. Pathologie u. Pharmak., 1878, Bd. IX.

3) J. Lehmann, An. d. Chemie u. Pharmacie, Bd. 87, 1853.

Der Theil der fleissigen Arbeit, der sich auf den Stoffwechsel bezieht, braucht nicht mehr eingehend erörtert zu werden, es fehlte eben damals noch die nähere Kenntnis, wie solche Versuche anzustellen seien. Vgl. die Kritik von C. Voit in Hermann's Handbuch der Physiologie. Dagegen bleiben die wunderbaren Angaben über die Wirkung des Destillats auf das Allgemeinbefinden, den Schlat etc. voll in Kraft.

In seiner Dissertation hat Méplain (Paris 1868) die Symptome der Gefässerregung, die nach dem Genuss von schwarzem Kaffee auftreten (Beschleunigung der Circulation, Verminderung des Gefässtonus, Röthung des Gesichts etc.), dem Coffeon zugeschrieben. Wir kennen die Arbeit nur aus dem Referat von Binz über Marvaud (Les aliments d'épargne sec. edit. 1874, Paris. p. 300), der daraus berichtet:

Ein Liter starken Infuses aus geröstetem Kaffee wurde destillirt und gab ungefähr 200 g einer Flüssigkeit, die ausser dem aromatischen Geruch und Geschmack des Kaffees einen leicht säuerlichen Beigeschmack und einen ziemlich ausgeprägten, empyreumatischen Geruch besass. Nachdem Méplain diese getrunken hatte, constatirte er eine Beschleunigung des Pulses von 64 auf 72 Schläge die Minute. Er glaubte daher dem Coffeon die Symptome der Gefässerregung (Beschleunigung der Circulation, Verminderung des Gefässtonus, Röthung des Gesichts etc.) vindiciren zu sollen, die sofort nach der Aufnahme des schwarren Kaffeeïnfuses auftreten.

Unsere persönlichen Untersuchungen, sagt Marvaud in obiger Arbeit, lassen uns Méplains Ideen vollkommen acceptiren. Dem Coffeon sind die Symptome zuzuschreiben, die seitens der Circulation nach Aufnahme eines starken Infuses aus geröstetem Kaffee erscheinen.

»Marvaud bringt« (Referat von C. Binz im Archiv f. exp. Path. und Pharm. Bd. 9, 1878) »auf S. 308 einige sphygmographische Curven, um diese Auffassung zu stützen; die erste, die des normalen Arterienrohres, die zweite nach der Aufnahme von Coffeon, die dritte nach der von Coffeïn. Es ginge daraus hervor, dass das Coffeon die Gefässspannung mässigt, das Caffeïn

dagegen (300 g roher Kaffee waren abgekocht und das Filtrat von einem 26 jährigen Gesunden aufgenommen) sie erheblich verstärkt.«

Auch schon von Binz erwähnt ist Rabuteau's Ansicht vom Coffeon, die in den Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. 1870, Bd. 71 auf Seite 733 leider ohne Beschreibung seiner Experimente niedergelegt ist. Rabuteau erkennt dem Coffeon die excitirenden Eigenschaften des Kaffees zu, dessen schlafraubende Wirkung hervortrete, oder nicht, je nachdem der Kaffeeaufguss reich oder arm an Coffeon sei, und behauptet, dass man sehr gut schlafen könne nach dem Genuss von Kaffee, dem durch langes Erhitzen das Coffeon vollständig entzogen, oder der aus grünen Bohnen hergestellt sei. Endlich hält Rabuteau das Coffeon auch für toxisch wirksam.[1])

Die Versuche von Aubert (Pflüger's Archiv V. 628. IX 116) übergehen wir, bei seinen Injectionen von Kaffeepräparaten in die Blutbahn[2]) haben ihm entschieden die Kalisalze eine Reihe von Symptomen gegeben, die bei stomachaler Application nie beobachtet worden wären. Irgend ein Grund, dem Coffeon eine Wirkung bei diesen Versuchen zuzuschreiben, liegt nicht vor, da die Kalisalze zur Erklärung ausreichen, insoweit nicht einfache Coffeïnwirkung vorliegt.

Nach Virchow-Hirsch's Jahresbericht 1875 soll Th. Zulinski durch Injection von grösseren Mengen »reinen Coffeons« in die Venen Krämpfe und Tod der Versuchsthiere erzeugt haben. Leider fehlt in dem Referat ein Hinweis darauf, wie Zulinski das reine Coffeon dargestellt hat, namentlich ob er Fette und Kalisalze ausschloss.

Ernstere Beachtung verdienen die Angaben von C. Binz (Arch. f. exp. Path. IX. 1878), die in klarer und bestimmter

1) Die Wirkungslosigkeit des Kaffees aus grünen Bohnen erklärt sich nach den neueren Untersuchungen von Hilger dadurch, dass das Coffeïn im rohen Pflanzensamen in einer in Wasser schwer löslichen glykosidartigen Bindung vorhanden ist. Rohkaffee braucht doppelt so lang um sein Coffeïn abzugeben als gerösteter.

2) Das Gleiche gilt von einem Versuch Nasse's (Beiträge zur Physiol. der Darmbewegung, Leipzig 1866, S. 66) bei dem sehr starkes Kaffee-Infus in die Venen injicirt wurde.

Form gemacht werden und mit aller Schärfe eine Wirkung des Coffeons behaupten. Binz fasst seine drei Thierversuche in seinen Vorlesungen über Pharmakologie (Berlin 1886, S. 270) folgendermaassen zusammen:

»Wahrscheinlich hatte ich davon« (von den Röstproducten des Kaffees) »am meisten das Caffeol vor mir, als ich 16—20 g besten ostindischen Kaffees geröstet heiss aufgoss und mir die flüchtigen, riechenden Bestandtheile abdestillirte. Es war eine gelbliche Flüssigkeit von durchdringendem Kaffeegeruch, die sich beim Erkalten trübte. Jungen, durch Alkohol narkotisirten Hunden in den Magen gebracht, erhöhte sie die Zahl der Herzschläge, verdoppelte die Athmung an Zahl und Stärke und verdoppelte die Hubhöhen des linken Ventrikels. Hierbei sank aber der Blutdruck vorübergehend, was ich bei der gleichzeitigen Verstärkung der Druckkraft des Herzens nur auf eine bedeutende Erweiterung der Arterien zurückführen kann. Das stimmt auch mit der Erfahrung, dass starker Kaffee beim Menschen allenthalben Congestionen durch Gefässerweiterung macht. Die Blutwärme wurde durch jenes Destillat nicht merklich verändert.« Ueber Versuche am Menschen ist nichts bemerkt.

Fragen wir nun, auf welche Versuche die so bestimmt auftretenden Angaben über Coffeonwirkung sich gründen, so finden sich nur drei Versuche mitgetheilt (Arch. f. exp. Path. und Pharmak. 1878, Bd. IX).

Versuch I.

Ein junger Hund von 720 g erhielt die Hälfte der ersten 50 ccm Destillat von 150 ccm Kaffeeaufguss aus 22 g Bohnen, d. h. also im besten Falle die flüchtigen Bestandtheile aus 11 g gerösteten Kaffeebohnen. Die Flüssigkeit kommt 14° warm in den Magen des nicht narkotisirten Thieres. Die Zahl der Herzschläge steigt auf kurze Zeit von 110 auf 145 in der Minute.

Versuch II.

Ein junger Pintscher von 1790 g wird mit Alkohol betäubt und 12 ccm erstes Destillat aus 100 ccm heissen Kaffeeaufgusses aus 16 g Kaffee an zwei Stellen subcutan injicirt. Die Trachea wird mit einem Marey'schen Tympanum und der rotirenden Trommel verbunden. Sechs Minuten etwa nach der Injection beginnt eine Verdoppelung des Athmens nach Qualität und Quantität. Sie steigt ziemlich rasch ohne Uebergang zu dieser Höhe an und sinkt allmählich wieder auf die Abscisse der sehr niedrigen Anfangsathmung herab. (Keine Zeitangabe.)

Versuch III.

Pintscherbastard von 1840 g ebenfalls durch Alkohol vollständig narkotisirt. Der Blutdruck in der Cruralis beträgt 76 mm Hg. und ändert sich nicht auf Einstechen der Injectionsnadel. 20 ccm eines Kaffeedestillates von 85 ccm (150 g heisses Wasser auf 20 g gebrannten Kaffee) subcutan und 50 ccm durch die Schlundsonde beigebracht, setzen den Druck in 10 Minuten auf 68, in 15 auf 66 und in 40 Minuten (von Anfang an gezählt) auf 56 mm Hg herab. Dabei sind die einzelnen Hubhöhen des Ventrikels aber etwa doppelt so stark und bleiben es bis zu Ende der Beobachtung. Die Pulsfrequenz betrug vor dem Coffeon in der Viertelminute 39, stieg auf 42, blieb darauf eine Zeit lang und war 38 zu der Zeit, als der Blutdruck 56 Hg war. Das Thier erholt sich im Laufe der nächsten Nacht von der schweren Alkoholnarkose.

Wir kommen auf diese Resultate noch zurück.

Von neueren Arbeiten sind uns folgende bekannt geworden: A. Hare: »The physiol. effects of the empyreumatic oil of coffee, or coffeone. Med. News. No. 13, p. 337.« Leider stand uns hierüber nur ein Referat in Virchow's Jahresbericht über die Leistungen d. Med. etc. 1888 zu Gebote. Hare machte mit dem »von Coffeïn befreiten Petrolätherextracte aus geröstetem Kaffee« Versuche. Diese sollen die Widersprüche über dessen Herzwirkung dadurch erklären, dass es bei Infusion in kleinen Dosen die Pulsfrequenz steigere, in grossen herabsetze, und zwar durch directe erregende, bezw. lähmende Wirkung auf den Herzmuskel, dessen Parese auch das die Verlangsamung begleitende Sinken des Blutdruckes in erster Linie verschulde. Derselbe Effect am isolirten Froschherzen: Herzstillstand in Diastole. Coffeon scheint ferner nach Hare die Blutgerinnung sehr zu beschleunigen und soll beim Frosch Steigerung der Reflexerregbarkeit, dagegen beim Warmblüter Schlaf bedingen, der auch beim gesunden Menschen nach 4 ccm hervortrete. Doch sei Coffeon bei Schlaflosigkeit unsicher und bei Insomnie infolge von Schmerzen schädlich. Nach Hare's Berechnung sind in einer Tasse (ca. 200 ccm) Kaffee 3 ccm Coffeon enthalten, eine Angabe die auf eine eigenthümliche Definition des Coffeons schliessen lässt. Eine weitere Notiz über Coffeons entnahmen wir ebenfalls einem Referate in Virchow's Jahresber., und zwar vom Jahre 1890 über Edward Reichert's »The empyreumatic oil of coffee, or coffeone. Amer. News. May 3rd

p. 476.« Sie erlaubt die Vermuthung, dass die Amerikaner in ihrem »coffeone« auch die fetten Oele des Kaffees mit einbegreifen; denn nach Reichert beruhen die Störungen nach intravenöser Application des »coffeone« auf mechanischer Verstopfung der Capillaren und stimmen mit den durch Olivenöl erzeugten überein. Bei subcutaner Application erwies sich »coffeone« zu 1—3 cm per Kilo ganz unwirksam. Aber auch das Destillat von frisch geröstetem Kaffee gab bei Einführung in die Venen keine Effecte auf Athmung und Blutdruck.

Auch aus Binz Laboratorium ist neuerdings eine Arbeit herausgekommen, die in einer Richtung wenigstens dem Coffeïn gegenüber eine Wirkungslosigkeit des Coffeons darthut. Wilhelm Heerlein fand unter Leitung von Binz in seiner Arbeit: »Das Coffeïn und das Kaffeedestillat in ihrer Beziehung zum Stoffwechsel« (Pflüger's Archiv für Phys. LII, Heft 3 und 4, Seite 165, 1892) bei drei Versuchen am Kaninchen nach Coffeïngaben, die noch keine Spur von Krämpfen erzeugten, eine deutliche Steigerung des Sauerstoff-Verbrauches, und zwar unmittelbar nach der Injection auftretend und in 2—3 Stunden wieder verschwindend, während Injectionen von Kaffeedestillat[1]) auf die Sauerstoff-Aufnahme ohne Einfluss war, jedenfalls aber keine Verminderung erzeugte, so dass es nicht möglich ist, dem Kaffee in dieser Hinsicht eine Action als Sparmittel zu vindiciren. Weitere Versuche mit dem Kaffeedestillate scheint Heerlein nicht angestellt zu haben.

Soweit reichen die literarischen Notizen, die uns über Coffeonarbeiten zugänglich waren.

3. Natur und Gewinnung des Coffeon.

Ueber die chemische Natur des Coffeon sind wir nur durch eine den Gegenstand keineswegs erschöpfende Arbeit von O. Bernheimer (Wiener Academieberichte Bd. 81, Abth. II,

---

1) 30 g feingemahlener, gerösteter Kaffee wurden mit ungefähr 1 l Wasser überschichtet und mit überhitztem Dampf 300 ccm überdestillirt. Das Destillat war farblos und in der Hitze klar.

1880, S. 1032) unterrichtet. Er isolirte aus den Röstproducten, die aus der Rösttrommel entweichen, neben Essigsäure und einer Reihe anderer Producte (Hydrochinon, Methylamin, Pyrrhol) ein erst bei 195—197 ° siedendes, stark nach Kaffee riechendes, hellfarbiges Oel, dem er die Formel $C_8H_{10}O_2$ zuschreibt und von dem er aus 50 k Rohkaffee nur 20 g erhielt, d. h. 0,04 %. Die Vermuthung, dass der Körper Methylsaligenin sein könnte, ist seither als irrig erwiesen, denn diese Verbindung ist inzwischen dargestellt und als ganz verschieden von dem Coffeon erkannt, für die zweite Annahme, es könnte sich um Saligeninmethyläther handeln, fehlt auch jeder Beweis. —

Neuerdings haben Monari und Scoccianti (Ann. di Chim. e di Farm. 1895, Bd. 21, p. 70) in den Condensationsproducten der Röstgase des Kaffees in erheblichen Mengen bei 114,9 ° flüchtiges Pyridin gefunden, das Bernheimer nicht isolirt hat.

Wir haben die Versuche Bernheimer's, Coffeon aus den Röstgasen darzustellen, bald aufgegeben, als sich zeigte, dass mit Mengen von 500 g Kaffee überhaupt nichts brauchbares zu erlangen war, wir verzichten daher auch darauf, unsere vergeblichen Bemühungen mitzutheilen. Da ausserdem Niemand die entweichenden Röstgase geniesst und in erster Linie die Stoffe praktisches Interesse haben, die an und in den gerösteten Kaffeebohnen selbst vorhanden sind, so entschlossen wir uns, zu den weiteren Untersuchungen immer von den gerösteten Kaffeebohnen selbst auszugehen und aus ihnen durch Destillation im Dampfstrom die Gesammtheit der wohlriechenden, flüchtigen Stoffe zu gewinnen, die im Folgenden der Kürze wegen mit dem Namen »Coffeon« bezeichnet sind.

Eine erneute Destillation des Rückstandes von der ersten Destillation ergab leicht, ob noch Coffeon zurückgeblieben war oder nicht. Ebenso bot das von Coffeon befreite Kaffeepulver eine vortreffliche Gelegenheit zu erproben, welche Wirkung einem coffeonfreien Kaffeeaufguss zukomme.

Diese Versuchsanordnung führte nun sehr leicht zum Ziel, in eine gut gekühlte Vorlage treibt ein starker Dampfstrom sehr leicht alle riechenden Substanzen des Kaffeepulvers über. Die

erhaltene Flüssigkeit ist blassgelblich bis bräunlich, riecht stark und schmeckt deutlich nach Kaffee, im Destillat ist auch ein säuerlicher Geschmack nach übergegangener Essigsäure sehr merklich. Um diesen Essigsäuregeschmack zu verdecken, neutralisirten wir meist vor dem Trinken des Destillats theilweise oder wir versuchten es mit etwas Zucker. Wir stellten meist zwei Destillate dar, von denen jedes etwa soviel Cubikcentimeter maass, als Gramm Kaffee verwendet wurden. Das zweite Destillat besass stets Kaffeegeschmack und Geruch nur noch in sehr bescheidenem Grade. Das zurückbleibende Kaffeepulver riecht und schmeckt mit heissem Wasser angebrüht kaum mehr aromatisch. — Unsere Destillate im Dampfstrom ergaben beim Verdampfen minimale Mengen Rückstand, durch Farbenreaction waren Coffeïnspuren darin nachzuweisen.

In einigen Versuchen arbeiteten wir — um ein concentrirteres Destillat zu erhalten — anders. Wir extrahirten 200 g gerösteten pulverisirten Kaffees mit Aether im Soxhlet'schen Apparate während 24 Stunden, destillirten den Aether ab, brachten Wasser zum öligen Rückstand und destillirten nun bei guter Kühlung der Vorlage solange bis das übergehende Wasser nicht mehr deutlich nach Kaffee roch. Gibt man immer nur kleine Wassermengen auf einmal zu dem Kaffeeextract und engt den Rückstand beim Destilliren jedesmal stark ein, so gelingt, es den Coffeongehalt von 200 g Kaffee recht vollständig mit 350 ccm Wasser überzutreiben. Natürlich müssen die ersten noch etwas Aether enthaltenden Wasserportionen verworfen werden.

Endlich begnügten wir uns, in einer Reihe von Experimenten aus einer grossen Menge Kaffeepulvers eine reichliche Quantität eines sehr starken Kaffees darzustellen und diesen zu destilliren.

Eigene Versuche am Menschen über Coffeon- und Coffeïnwirkung.

Unsere Versuche wurden in der Weise vorgenommen, dass 2—3 Stunden nach einem leichten, aus Milch und Brod bestehendem Frühstück ein gesunder Mann, bequem auf einem Sopha liegend, die zu prüfenden Flüssigkeiten genoss. Es fanden Versuche an drei verschiedenen Personen statt: Alle 3 geniessen

gelegentlich Kaffee, sind aber durchaus nicht als an grosse Kaffeedosen gewöhnt zu bezeichnen. Es wurde dabei das Volumen der Flüssigkeit notirt, die Temperatur derselben (stets 37°) beachtet und das Befinden der Versuchsperson theils von ihr selbst, theils von Anderen beobachtet. Notirt wurde Herzaction, in einigen Fällen die Temperatur (die Temperaturen wurden unter der Zunge und zwar stets 2 Minuten lang gemessen), das Muskelgefühl, etwa zu beachtende Congestionen und Aufregungszustände und etwaige Anzeichen einer diuretischen Wirkung. Zwischen die Versuche mit den verschiedenen Kaffeepräparaten wurden solche mit Wasser, mit Kaffee, mit Coffeïnlösungen eingeschaltet und schliesslich einige Versuche mit Kaffeesurrogaten angeschlossen.

Wir theilen zunächst die Versuche mit Kaffeeaufgüssen mit, um zu zeigen, wie kräftig die Versuchspersonen darauf reagirten.

Versuch I und II. Kaffee aus 50 g Bohnen.

Aus zwei Portionen von je 50 g gemahlenen Kaffees wird je 275 ccm starker Kaffee bereitet, der nach Aubert ca. 0,5 g Coffeïn enthalten dürfte.

Zeit	Dr. Neumann (sitzt)		Dr. Wilhelm (liegt)		
10 Uhr 30 Min. – 10 » 46 »	63 Pulse, mehrmals gezählt		73 Pulse		
10 » 46 »	Trunk				
10 » 55 »	60 »		73 »		
11 » 02 »	61 »	Unregelmässiger Puls	73 »	37,0°	
11 » 10 »	62 »		73 »		Trunk
11 » 22 »	59 »		72 »		
11 » 30 »	58 »	Eingenomm. Kopf	70 »	37,0°	Harndrang
11 » 40 »	59 »	fortdauernd unregelm.	68 »		
11 » 45 »	— »		67 »	36,9°	
11 » 51 »	60 »		67 »		Zittern der Finger. Blasenentleerung. Hierauf noch eine Stunde Ruhelage: Fortdauerndes Zittern der Hände, das allmählich verschwindet. Die Pulszahl steigt allmählich wieder auf 73.
11 » 56 »	— »				
12 » 06 »	54 »	Leichtes Zittern des Fingers			
12 » 18 »	51 »				
12 » 26 »	53 »				
12 » 30 »	51 »				

Hierauf allmähliches Wiederansteigen der Pulszahl. Eigenartiges Gefühl in den Beinen, besonders in den Knieen, »als ob man sich setzen müsste«.

1) Während der gesammten Versuche fand stets die gleiche Kaffeesorte, in Mengen von einigen Kilo, gebrannt, von einem guten Geschäfte bezogen, Verwendung.

Versuch III und IV. Coffeïn 0,5 g in 100 ccm Wasser.

Dr. Neumann.

10 Uhr 50 Min. bis 11 » 10 » } 63 Pulse, oftmals gezählt, Trunk um 11 Uhr 10 Min.,
11 » 25 » 56 »
11 » 35 » 58 »
11 » 40 » 54 » } Unregelmässiger Puls, Zittern der Hände
11 » 55 » 53 » } und eingenommener Kopf.

Hierauf allmähliches Wiederansteigen der Pulsfrequenz zur Norm. Beim Gehen dasselbe eigenthümliche Gefühl in den Beinen, wie nach dem ersten Versuch. Ebenfalls baldiges Abklingen der Symptome, so dass sie am Nachmittage verschwunden waren.

Dr. Wilhelm.

10 Uhr 50 Min. bis 11 » 50 » } 72—75 Pulse, 37,0°, Trunk um 11 Uhr 50 Min.,
12 » 0 » 72 Pulse,
12 » 15 » 71 » 36,9°,
12 » 20 » 69 » Harndrang,
12 » 25 » 70 » leichtes Zittern der Finger, das noch etwa eine Stunde lang fortdauerte,
12 » 30 » 69 » } 36,85°.
12 » 38 » 69 » }
12 » 43 » 70 » } 36,9°,
12 » 48 » 69 » }
12 » 52 » 70 » } 36,9°,
12 » 56 » 68 » }
1 » 0 » 68 » 36,9°.

Ende des Versuches. Blasenentleerung. Spec. Gewicht des Harns 1008, während es ohne Kaffee oder Coffeïn vor dem Versuch 1020 betragen hatte.

Versuch V (Dr. Wilhelm).

(1,0 g Coffeïn pur. etwa entsprechend 100 g gerösteten Kaffees.)

Dieselben Cautelen wie beim vorigen Versuch, nur wurde 1,0 g Coffeïn pur, also die doppelte Maximaldose, in 200 ccm Wasser getrunken, nachdem die Versuchsperson 1 Stunde gelegen hatte und der Puls 1/4 Stunde lang constant befunden war, um

10 Uhr 35 Min. bei 75 Pulsen; 36,8°, Trunk,
10 » 46 » 73 Pulse, 36,7°,
10 » 56 » 71 »
11 » 02 » 69 » 36,7°, Unruhegefühl,
11 » 07 » 69 » Harndrang,
11 » 12 » 69 » Zittern der Finger,
11 » 16 » 68 » } Gefühl von Congestionen nach dem Kopfe.
11 » 20 » 66 » } Voller harter Puls.
11 » 25 » 68 » } Stärkeres, noch über eine Stunde fortdauern-
11 » 30 » 67 » } des Zittern der Finger und allgemeines Un-
11 » 32 » 66 » } behagen.
11 » 35 » Blasenentleerung. Spec. Gewicht des Harns 1008.

Hierauf noch eine Stunde Ruhelage, während deren der Puls wieder bis auf 70 Schläge stieg. 12 Uhr 30 Min. Aufstehen. Kurz darauf Congestionen nach dem Kopfe, etwa wie kurz vor einer Ohnmacht. Bedürfnis nach kühler, frischer Luft. Beim Gehen eine grosse Unsicherheit, etwa wie nach dem ersten Mal Aufstehen nach mehrtägiger fieberhafter Krankheit, und überhaupt Angegriffensein und Unruhe. Zittern der Hände noch bis gegen Abend. Nachts 10—12 Uhr erträgliche Kopfschmerzen. Nach kleinen Mengen Bieres vorübergehende Euphorie. Grössere Mühe, die Gedanken zu concentriren, sowie Abgespanntheit am Abend und noch am folgenden Tage.

Starke Kaffee- und Coffeïndosen wirkten also beide energisch und ganz analog, es war bei einfacher Beobachtung in der Kaffeewirkung keine Componente zu erkennen, die bei der Coffeïnwirkung fehlte.

Absolut andere Resultate ergaben die Coffeonversuche:

Versuch VI. (Dr. Wilhelm.)

Aus 130 g Bohnen wurde das erste Destillat (100 ccm) hergestellt, dasselbe neutralisirt und getrunken. In 1 Stunde 40 Min. keine Wirkung. Es ist in diesem Versuch nicht genau anzugeben, wieviel Kaffee das Destillat entspricht.

Versuch VII. (Dr. Wilhelm.)

Erstes Destillat von 300 g Bohnen (235 ccm) wurde nahezu neutralisirt und getrunken. In 50 Min. keine Wirkung. Jetzt wurden 1000 ccm schwach schmeckendes zweites Destillat von 500 g Bohnen ohne Effect nachgetrunken.

Versuch VIII. (Dr. Wilhelm) und Versuch IX. (Dr. Neumann.)

Aus 500 g Bohnen wurden erst 500 dann nochmals 600 ccm schwächeres Destillat gewonnen, zusammengegossen und in zwei Hälften getheilt. Jede Versuchsperson trank ihre Hälfte (entsprechend Coffeon aus 250 g Kaffee). Die 1½ stündige Beobachtung ergab bei:

Dr. Neumann	Dr. Wilhelm
68—71 Pulse	72—75 Schläge,

d. h. die Pulszahl wie vor dem Versuch. Auch sonst gar kein Effect.

Versuch X. (Dr. Wilhelm.)

Aus 440 g Bohnen werden 700 ccm erstes Destillat erhalten. Puls 1 Stunde vor und 2 Stunden nach dem Trinken stets 76—78.

Versuch XI. (Dr. Wilhelm.)

Aus 455 g Bohnen werden 1000 ccm Destillat gewonnen. Puls vor dem Versuch 69—72, nach dem Trinken des ganzen Liters Destillat 2 Stunden lang gleich

Versuch XII. (Dr. Wilhelm.)

500 g Kaffee wurden mit 1 l kochenden Wasser übergossen und 20 Min. lang bedeckt stehen gelassen. Das erhaltene Filtrat von 450 ccm wurde bis

auf 50 ccm abdestillirt. — Destillat getrunken bei Rückenlage in den Morgenstunden. Puls vor und 2 Stunden nach dem Trinken 70—72. Keine subjectiven Symptome.

Versuch XIII. (Dr. Wilhelm.)

Aus 400 g Kaffee wurde durch 20 Min. langes Ueberbrühen mit siedendem Wasser 400 ccm stärkster Kaffee gewonnen. Destillat davon 370 ccm. Wirkung subjectiv 0, Puls vor- und 2 Stunden nachher 70—72.

Versuch XIV. (Dr. Wilhelm.)

500 g Kaffee wurden mit Wasserdampf destillirt, das Destillat wurde mit Aether ausgeschüttelt, der Aether verjagt, der Rückstand trüb in wenig Wasser gelöst. — Wirkung subjectiv 0. Puls 2 Stunden vor und 2 Stunden nach dem Genuss dieser Flüssigkeit normal 72—75 Schläge.

Um mich (Lehmann) auch persönlich von der Wirkung des Kaffeedestillates zu überzeugen, stellte ich noch folgende 4 Versuche an mir an: Ich pflege nach Tisch 2 Tässchen mittelstarken Kaffees zu geniessen, sonst keinen Kaffee. Nach dem Trinken von abnorm starkem Kaffee habe auch ich öfters die Symptome der Coffeïnvergiftung wahrgenommen.

Versuch XV.

Aus 200 g Kaffee wurden 300 ccm stärksten Kaffee's dargestellt und derselbe im Kohlensäurestrome destillirt. Destillat 200.

Der Puls wurde in sitzender Stellung gezählt.

Vor dem Trinken

11 Uhr 55 Min. bis 12 Uhr 20 Min. Mittags 80, 74, 76, 80, 80, 78 Pulse,

12 Uhr 20 Min. wurden 120 ccm des stark aromatischen zimmerwarmen Destillates getrunken,

12 Uhr 26 Min. bis 12 Uhr 34 Min. 76, 78, 78 Pulse,

12 Uhr 36 Min. zweite Portion des Destillats getrunken, 80 ccm.

12 Uhr 36 Min. bis 1 Uhr Pulszahl 74, 78, 74.

Um 1 Uhr ein unwillkürliches Gähnen. Hunger und normale Abspannung durch die Morgenarbeit. Keine Spur einer Wirkung auf Herz oder Hirn.

Versuch XVI.

Aus 200 g Kaffee werden 500 ccm sehr starken Kaffees dargestellt und derselbe im Kohlensäurestrom destillirt. Destillat 370.

Versuch Nachts, sitzend, Lesen in den Zwischenpausen.

Puls 9 Uhr 26 Min. bis 9 Uhr 31 Min. 78, 82, 84, 82, 84.

Von 9 Uhr 31 Min. bis 9 Uhr 36 Min. wird das Destillat zimmerwarm in zwei Portionen rasch getrunken, die 1 μ grössere Portion war annähernd neutralisirt, die zweite war fast unausstehlich sauer.

9 Uhr 36 Min. bis 9 Uhr 45 Min. 76, 78, 72, 76, 76.

9 Uhr 45 Min. bis 10 Uhr 24 Min. 76, 78, 80, 79, 72, 78, 76.

Wirkung subjectiv absolut 0. Schläfrigkeit absolut nicht beeinflusst. Die geringe Pulsverminderung wohl durch die Wirkung des prolongirten Ruhigsitzens.

Versuch XVII.

200 g Kaffeepulver wurden mit Aether erschöpft. Nach Abdestilliren des Aethers wurden mehrmals kleinere Portionen Wasser zugegeben und so 350 ccm Destillat erhalten, das etwas mit Zucker versüsst wurde.

7 Uhr 10 Min. bis 7 Uhr 35 Min. Abends. Abendessen ohne etwas zu trinken,

7 » 36 »	auf's Sopha gelegt. Zimmer sehr warm. Lesen.	
7 » 36 »	bis 7 Uhr 50 Min. Puls gezählt 80, 82, 84, 84, 82, 82.	
7 » 50 »	Trunk.	
7 » 52 »	84	
8 » 05 »	84	
8 » 15 »	84	
8 » 30 »	86	
8 » 40 »	94	für diese rasch vorübergehende Pulssteigerung ist kein Grund bekannt.
8 » 41 »	88	
8 » 43 »	90	
8 » 45 »	90	
8 » 50 »	84	
8 » 58 »	84	
9 » — »	84.	

Am Schluss des Versuches normale Müdigkeit, später normaler Schlaf. Subjectiv keine Spur von Wirkung.

Hierauf wurde an Herrn Dr. Wilhelm ein Versuch gemacht, um zu entscheiden, ob ein starker Auszug aus Kaffeepulver, dem man vorher durch Destillation seine flüchtigen Bestandtheile entzogen hat, wohl geeignet sei, kaffeeartig zu wirken.

Versuch XVIII.

Ein stark bitterer, des Kaffeearomas gänzlich entbehrender Auszug von 300 ccm aus 150 g erschöpftem Kaffeepulver wurde morgens 9 Uhr getrunken. Nach 3/4 Stunden leichtes Zittern der Finger, namentlich der Daumen. Nach einer weiteren halben Stunde mittelstarke Congestionen nach dem Kopfe und harter, voller Puls. Zunehmendes, etwa 1 Stunde lang anhaltendes stärkeres Zittern der Hände, das erst nach 5—6 Stunden völlig verschwand. Währenddessen ein unangenehmes Gefühl von Unruhe und eine gewisse Mühe, Gedankenreihen zu Ende zu denken. Am Abend des Tages grosse Abgespanntheit.

Das Resultat all' dieser Versuche lautet kurz:

Die flüchtigen, riechenden und schmeckenden Producte des gerösteten Kaffees waren selbst in sehr grossen Dosen bei unseren Versuchen absolut ohne merkliche Wirkung auf das

Gehirn (es fehlten Aufregung, Schläfrigkeit, auffallende Euphorie u. dgl.), das Wärmegefühl, das Muskelgefühl des gesunden Menschen. In der Mehrzahl der Versuche fehlte irgend welche Veränderung der Herzaction, in einigen Versuchen traten geringe Verlangsamungen oder Beschleunigungen hervor, die aber offenbar nicht auf das Coffeon zu beziehen sind.

Der einzige Einwand, der gegen die Beweiskraft der Versuche etwa erhoben werden könnte, wäre der, dass unsere Methode der Gewinnung das leicht zerstörbare Aroma des Kaffees theilweise vernichte. — Wir haben gethan, was in unseren Kräften stand, diesen Einwand zu beseitigen, indem wir die verschiedensten Wege einschlugen, in Wasserdampf und Kohlensäure destillirten und die Destillate so frisch als möglich tranken. Wir geben zu, dass unsere Destillate stets neben dem starken Kaffeegeruch und -Geschmack etwas rauchig oder kratzend schmeckten, was sich aber leicht dadurch erklärt, dass dieselben eben nicht nur Coffeon, sondern auch andere empyreumatische Stoffe (Pyridin!) enthielten. Der kratzende Geschmack braucht durchaus nicht eine Zersetzung des Coffeons zu bedeuten.

Wie sich die positiven Resultate anderer Fxperimentatoren mit Kaffeedestillaten erklären, bleibt uns theilweise dunkel, jedenfalls hat keiner die Destillate sorgfältiger bereitet wie wir, am räthselhaftesten sind die von J. Lehmann, die oben angeführt sind. Da dieser Forscher aber höchstens das Destillat von 140 g Kaffeepulver auf einen ganzen Tag vertheilt gab, und sein Getränk auch nur durch einfache Destillation der mit Wasser übergossenen Kaffeebohnen erhielt, so müssen wir unseren mit viel grösseren Dosen und bei Genuss der ganzen Menge auf einmal erhaltenen, oft wiederholten negativen Resultate das grössere Vertrauen schenken. — Mit den Versuchen von Méplain, Marvaud und Rabuteau können wir auch nicht viel anfangen, da sie uns nur in äusserst kurzer Form bekannt sind.

Thierversuche haben wir keine gemacht und müssen auch gestehen, dass wir in den oben citirten Versuchen von Binz an drei kleinen Hündchen keinen Einwand gegen unsere Ergebnisse erblicken können.

Wir können bei diesen Versuchen den Gedanken kaum unterdrücken, dass die Aufregung der Einführung der Schlundsonde resp. die Wirkung der vollständigen »Narcotisirung« mit Alkohol einen Theil der beobachteten Symptome erkläre. Jedenfalls widerlegen diesen Thierversuchen unsere Resultate am Menschen nicht ohne weiteres, denn für die hygienisch-praktische Beurtheilung ist stets der Versuch am gesunden Menschen maassgebend.

Für uns ist das »Coffeon« also zwar der (resp. »die«) Körper, der mit in erster Linie den Wohlgeschmack des Kaffees bedingt; eine mit gröberen Mitteln nachweisbare physiologische Wirkung selbst grosser Dosen auf Herz, Hirn, Muskeln oder Niere kommt ihm aber nicht zu, an der toxischen Wirkung grosser Kaffeedosen ist es unbetheiligt.

Wenn sich die Behauptung von Aubert, dass Kaffee-Infus viel stärker toxisch wirkt als das darin enthaltene Coffeïn in Wasser gelöst, beweisen lassen sollte — in Aubert's Arbeiten kann ich keine recht schlagenden Beweise dafür finden — so ist es sicher nicht der flüchtige Antheil, das Coffeon, das diese Mehrwirkung bedingt.

Anhang: Einige Versuche über Kaffeesurrogatwirkung.

Im Anschluss an die vorstehenden Versuche haben wir an der Versuchsperson (Herrn Dr. Wilhelm) einige orientirende Versuche über die Wirkung der Kaffeesurrogate angestellt, von denen bisher wohl bekannt war, dass sie ein dem Kaffee an Farbe und Bitterkeit einigermaassen ähnliches Getränk lieferten, die aber bisher weder auf ihren Gehalt an etwaigen fixen noch an flüchtigen wirksamen Stoffen untersucht sind.

Versuch I.

500 g Feigenkaffee (mikroskopisch reichlich Feigenfragmente aber keine Spur von wirklichem Kaffee enthaltend) wurden mit Wasserdämpfe genau so wie früher die Kaffeeproben destillirt. (Destillat ca. 700 ccm.) Das unangenehm fade säuerliche Destillat war ohne jeden Einfluss auf Pulsfrequenz und allgemeines Befinden.

Versuch II.

500 g Cichorienpulver (reines Präparat) wurden mit Wasserdampf destillirt und 800 ccm eines äusserst faden Destillats gewonnen. 1½ Stunden lang

blieb der Puls nach dem Trinken auf der Höhe, die er vorher hatte, 73 bis 75 Schläge.

Versuch III.

80 g Cichorienpulver werden mit 600 g Wasser gekocht und die bittersüsse Masse sammt dem Satz getrunken — eine unangenehme Arbeit. Puls vor- und nachher 70—73. Auch keine Spur einer psychischen oder anderweitigen somatischen Wirkung.

Das heisst durch unsere Methoden ist von Cichorie keine Wirkung nachzuweisen, weder vom Destillat noch von der Gesammtsubstanz, möglicher Weise werden feinere Methoden eine geringe Wirkung enthüllen.

Kommt den flüchtigen aromatischen Bestandtheilen des Thees (Theeöl) eine nachweisbare Wirkung auf den Menschen zu?

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann** und Dr. med. **Berthold Tendlau**[1]).

Referent: K. B. Lehmann.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Einleitung.

Die negativen Resultate, die in der vorigen Arbeit über die Wirkung von Kaffeedestillaten berichtet sind, liessen es mir wünschenswerth erscheinen, auch Studien über die Wirkung der flüchtigen Theebestandtheile anzustellen, da man nicht selten im Anschluss an eine Meinungsäusserung von Mulder diesen Stoffen einen wichtigen, ja den Hauptantheil an der Theewirkung zugeschrieben findet.

Mulder's Angaben sind in den Poggendorf'schen Annalen von 1838 enthalten, den chemischen Theil derselben, wonach 4 Theesorten von 0,60—0,98% »ätherisches Theeöl« enthalten sollten, brauche ich nicht eingehender zu kritisiren[2]), hat doch Flückiger (Pharmakognosie des Pflanzenreichs) gezeigt, dass die bescheidenen Massen von öliger Beschaffenheit, die sich in Theedestillaten ausscheiden, nur zum allerkleinsten

---

1) Eine ausführlichere Mittheilung der Experimente hat Herr Dr. B. Tendlau in seiner Inauguraldissertation, Würzburg 1897, gegeben.

2) Das Gleiche gilt offenbar von Eder's Angaben, dass er 0,6% äther. Oel in einem schwarzen Thee gefunden.

und unbestimmbaren Theil aus ätherischem Oel, zum grössten Theil dagegen aus Fettsäuren bestehen.

Nicht viel besser steht es mit dem Beweis der physiologisch toxikologischen Wirkung. Mulder schreibt zwar: »Bekanntlich zeigt der Thee giftige Eigenschaften, wenn er in grosser Menge genossen wird. Diese giftigen Eigenschaften, sowie seinen Gebrauch hat der Thee von dem ätherischen Oel. Es ist so betäubend, dass es ohne Zweifel bei Menschen und Thieren als Gift wirken würde. Merkwürdig ist, dass dieses Oel in Verbindung mit Gerbstoff diuretisch und diaphoretisch wirkt.

Das sind aber offenbar nur Meinungen resp. ohne Beweis ausgesprochene Ueberzeugungen, dennoch haben sie in der Literatur vielfach als Thatsachen Eingang gefunden und die Thatsache, dass der grüne Thee viel aufregender wirkt wie der schwarze findet man immer wieder seinem »hohen Gehalt an Theeöl« zugeschrieben.

Ich berichte nun zunächst über die von Herrn Dr. Tendlau unter meiner Mithilfe und Controle angestellten chemischen und physiologischen Versuche, die ich nach Abschluss der Dissertation des Herrn Dr. Tendlau noch etwas festsetzte, um zum Schlusse auch auf die einzigen mir bekannten Arbeiten über die Wirkung der flüchtigen Bestandtheile des Thees einzugehen, die wir Kraepelin und seinen Schülern verdanken. Ich bemerke, dass unsere Arbeit in allen wesentlichen Theilen fertig gestellt war, als wir von Kraepelin's Arbeiten Kenntnis erhielten.

2. Methodik.

Eine Isolirung des Theeöls haben wir nicht versucht, dagegen getrachtet, aus einem abgewogenen Quantum Thee das Theeöl, d. h. die gesammten flüchtigen wohlriechenden Stoffe möglichst vollständig zu bekommen.

1. Methode: Der trockene Thee wird mit wenig Wasser und einigemal mit etwas Kochsalz in einen Kolben gebracht und ein starker Dampfstrom durch denselben geleitet, der dann wieder condensirt wird. Man erhält so eine anfangs schwach milchige,

später klare, blassgelbliche Flüssigkeit, deren spätere Portionen nach und nach immer schwächer den Theegeruch zeigen. Es ergibt sich, dass sehr grosse Flüssigkeitsmengen nöthig sind, um den Thee leidlich vollständig seiner ätherischen Geruchstoffe zu berauben, das Destillat wird ausserordentlich reichlich und zu physiologischen Versuchen seiner Verdünnung wegen wenig geeignet. — Es wurde deswegen zuweilen das erste Destillat noch 1—2 mal destillirt, um eine concentrirtere Theeöllösung zu erhalten.

2. Methode: Der trockene Thee (100 g) wird 4 mal mit je 200 ccm siedenden Wassers übergossen und die gesammelten Auszüge destillirt.

3. Methode: Am zweckmässigsten erwies sich die 3. Methode, die denn auch vorwiegend in Anwendung kam und stets bei den im Folgenden mitzutheilenden Experimenten gemeint ist, wenn nichts anderes angegeben ist:

200 g Thee werden im Mörser zerstossen und dann in 4 Soxhlet'schen Apparaten mit Aether extrahirt. Die Extraction bleibt 2 Tage in Gang. Der Aether hat sich dunkelgrün gefärbt. Derselbe wird aus den einzelnen Kölbchen der Apparate zusammengegossen. In ihnen bleibt eine grünlich-gelbe, wachsartige Kruste zurück, die sich in kaltem Aether nur schwer löst. Die Kölbchen werden mit Aether, dem etwas Quarzsand beigesetzt ist, ausgeschüttelt, wobei die Kruste sich ablöst und den Aether grünlich färbt. Von dem zusammengegossenen Extracte wird nun im Wasserbade der Aether abdestillirt. Es bleibt eine dunkelgrüne, fettige, erstarrende Masse zurück, die sehr stark, beinahe betäubend nach Thee riecht. Um das ätherische Oel zu gewinnen, übergiessen wir diese Masse successive mit je etwa 50 ccm destillirtem Wasser und destilliren die Flüssigkeit bis fast zur Trockne. Die ersten Cubikcentimeter des Destillates riechen noch etwas nach Aether, verlieren aber den stechenden Geruch beim Erwärmen auf 25—30°. Das weitere Destillat, das wir so erhalten, ist leicht milchig gefärbt und riecht fast betäubend nach Thee. Es wird solange destillirt bis der aromatische Geruch des übergehenden Wassers verschwunden ist. Im

ganzen werden etwa 300 ccm Destillat erhalten. Um zu constatiren, ob dem Thee durch die Aetherextraction die aromatischen Bestandtheile entzogen worden waren, wurde ein Theil des ausgezogenen Thees kurz auf dem Wassertrockenschranke bei ca. 60° getrocknet, so dass sich der noch anhaftende Aether verflüchtigte. Wir setzten dann in der gewöhnlichen Art der Theebereitung 1½ Löffel (6 g) dieses Trockenthees zu einem Glase siedenden Wassers, liessen die Mischung etwa 3—5 Minuten ziehen und erhielten so ein Glas normal gefärbten Thees. Der Geruch desselben hatte kaum eine Spur von Aroma, war eher süsslich und nur schwach an Thee erinnernd. Der Geschmack war fade, und man hatte einen nicht sehr starken, bittern Nachgeschmack jedenfalls ohne jegliches Aroma. Es waren also die aromatischen Bestandtheile fast vollständig entzogen.

Die Versuche über die physiologische Wirkung der Theedestillate wurden stets so angestellt:

Die Versuchsperson genoss regelmässig um 7 oder 7½ Uhr eine Tasse Milch und ein Brödchen, legte sich um 9¼ Uhr auf einen bequemen Gartenstuhl, nachdem vorher die Blase und thunlichst das Rectum entleert worden war. Anfangs wurde — durch ein Missverständnis der gegebenen Anweisung — der Puls nur einige (ca. 15) Minuten lang gezählt und dann erfolgte, wenn er constant schien, das Trinken. Bei jedem Versuch ist die Menge der getrunkenen Flüssigkeit angegeben — ihre Temperatur war stets 37°, da das Trinken heisser Flüssigkeiten die Pulsfrequenz steigert, der kalten dieselbe herabsetzt.[1])

3. Versuche an Herrn Dr. Tendlau.

Es wurden einige Versuche mit dem Destillat

I von 100 g Thee in 530 ccm Wasser (Methode I)
II » 200 g » » 300 » » (Methode III)

sodann

III mit 530 ccm Wasser (ohne Thee)
IV mit 300 » » »

1) E. Bleuler und K. B. Lehmann, Ueber einige wenig beobachtete Einflüsse auf die Pulszahl des gesunden Menschen. Dieses Archiv, Bd. III.

Die 4 Versuche ergaben völlig übereinstimmend sowohl bei Wasser wie bei Destillatgenuss bei der von 9¹/₄—12 Uhr in Rückenlage befindlichen Versuchsperson ein regelmässiges Sinken der Pulsfrequenz von 84—86 auf 50—56 Schläge, dabei zeigte sich etwas uuregelmässige Herzreaction.

Eine Wirkung auf Hirn, Niere, Muskeln u. s. f. war in keinem Versuche zu constatiren. Nur zweimal hat Herr Dr. Tendlau und zwar bei den beiden allerersten, überhaupt angestellten Versuchen, bei dem das Destillat von weniger als 100 g resp. höchstens 50 g Thee getrunken war, einen leichten Druck im Kopf angegeben — doch lässt sich daraus natürlich gar nichts schliessen, da Herr Dr. Tendlau eine etwas nervöse Constitution hat und zu Selbstversuchen offenbar sehr wenig geeignet ist.

Ein ähnliches, nur reineres Resultat erhielten wir, als Herr cand. med. A. das Destillat des Aetherextracts (Methode III) aus 200 g gemahlenem schwarzen Thee genoss.

Versuch V.

Frühstück: 1 Tasse Cacao, 1 Milchbrödchen. Um 9 Uhr 45 Min. begibt sich Herr A. in Rückenlage. Der Puls ist kräftig, regelmässig. Frequenz um 10 Uhr: 86. Herr A. trinkt jetzt die auf Zimmertemperatur erwärmte Flüssigkeit.

10	Uhr	15	Min.	Puls:	82	regelmässig
10	»	30	»	»	80	»
10	»	45	»	»	80	»
11	»	—	»	»	80	»
11	»	15	»	»	80	»
11	»	30	»	»	78—80	»
11	»	45	»	»	78	»
12	»	—	»	»	76—78	»
12	»	15	»	»	74	»
12	»	30	»	»	72—74	»
12	»	45	»	»	72—74	»

Während des ganzen Versuches traten keine Beschwerden irgend welcher Art auf. Der Puls blieb regelmässig, kräftig und gut gespannt. Gegen Ende des Versuches wird Herr A. infolge des langen Liegens etwas ungeduldig, so dass wir um 12 Uhr 45 Min. den Versuch unterbrechen.

Der Puls war während des Versuches von 82 auf 72 zurückgegangen, offenbar infolge der mehrstündigen, ruhigen Rückenlage.

Wir machten aber, um sicher zu sein, einen Gegenversuch mit Wasser (Versuch VI) an der gleichen Person, die denn auch genau das gleiche Resultat in Bezug auf Pulsfrequenzergab.

Versuche an einem gesunden Schlosser.

Um die Versuche noch einwandfreier zu gestalten, führten wir an dem kräftigen Schlosser D. folgende Versuche aus:

Versuch VII. (Schlosser D.)

9 Uhr. In Rückenlage.

9 Uhr 15 Min. Bei mehrmaligem Zählen Puls 80. Vollkräftig. Trinkt jetzt 600 Destillat, entsprechend 400 g Thee. (Methode III.)

9 Uhr	30	Min.,	Pulsfrequenz:	76	regelmässig
9 »	45	»	»	74	»
10 »	—	»	»	72	»
10 »	15	»	»	70	»
10 »	30	»	»	70	»
10 »	45	»	»	70	»
11 »	—	»	»	70	»
11 »	15	»	»	70	»
11 »	30	»	»	68	»
11 »	45	»	»	68	»
12 »	—	»	»	68	»

Während des ganzen Versuches fühlt D. keinerlei Beschwerden. Gegen 12 Uhr stellt sich leichter Urindrang ein, was nach dem Genuss von 600 ccm Flüssigkeit erklärlich ist.

Die Pulsverlangsamung von 80 auf 68 dürfte wohl wiederum auf das stille Liegen bezogen werden, forderte jedoch zu einem Controlversuche mit Wasser auf.

Versuch VIII. (Schlosser D.)

Nach einem Frühstück, bestehend aus 1 Tasse Milch und 1 Weissbrödchen, und nach Entleerung der Blase nimmt D. um 9 Uhr 15 Min. ruhige Rückenlage ein. Um 9 Uhr 30 Min. ist der Puls constant, regelmässig, kräftig. Frequenz: 80. D. trinkt jetzt 600 ccm auf Zimmertemperatur erwärmtes Wasser.

9 Uhr	45	Min.,	Pulsfrequenz:	76	regelmässig
10 »	—	»	»	72	»
10 »	15	»	»	70	»
10 »	30	»	»	70	»
10 »	45	»	»	68	»
11 »	—	»	»	66	»
11 »	15	»	»	66	»
11 »	30	»	»	64	»
11 »	45	»	»	64	»
12 »	—	»	»	64	»

D. fühlte während des Versuches in seinem Befinden keinen Unterschied gegenüber seinem Zustande während des Theeöl-Versuches. Die Pulsfrequenz ging diesmal sogar bis 64 herunter, ein Beweis, dass die ruhige Rückenlage als ursächliches Moment anzusehen ist, und nicht etwa das Theeöl eine Pulsverlangsamung herbeiführt. Von Harndrang wurde diesmal nichts bemerkt.

Auch an einer Dame wurde von Herrn Dr. Tendlau ein Versuch gemacht.

Versuch IX. (Frl. R.)

Das Destillat, entsprechend 150 g Thee (Souchong), nach Methode III dargestellt, wurde von Frl. R., nachdem sie von 8 Uhr 30 Min. bis 9 Uhr 30 Min. Vormittags in Rückenlage verharrte und der Puls auf 72 herabgegangen war, auf einmal getrunken.

9 Uhr 30 Min.	72	stets ganz regelmässig.
9 » 45 »	68	
10 » 15 »	68	
10 » 30 »	70	
10 » 45 » bis 12 Uhr 30 Min.	68—66	

Irgendwelche subjective Störungen oder Anregungsempfindungen fehlten. Von 10 Uhr bis 10 Uhr 45 Min (Vormittags!) schlief Versuchsperson auf Wunsch leicht.

Entsprechend diesem Ergebnis misslangen auch Versuche von Herrn Dr. Tendlau, an sich, durch Destillat aus reichlichem Thee das abendliche Müdigkeitsgefühl zu bekämpfen. Während sonst eine Tasse Thee aus 5 g leicht diese Wirkung hatte, war das Destillat aus 20 g Thee (Methode II) ohne rechte Wirkung. Versuchsperson trank um 10 Uhr 30 Min. bei leichtem Müdigkeitsgefühl das Destillat, das das Müdigkeitsgefühl für kurze Zeit verscheuchte, um 11 Uhr kämpfte sie aber mit dem Schlaf und schlief von 11—12 Uhr auf dem Stuhl.

Da Kräpelin (s. u.) mit einem Elaeosaccharum resp. einer Verreibung des Aetherextracts von Thee mit Zuckerpulver seine Versuche angestellt, so hielten wir uns für verpflichtet, auch dieses Präparat einmal zu untersuchen. Die Farbenfabriken vormals Fried. Bayer in Elberfeld, welche Kräpelin sein Präparat herstellten, hatten die grosse Güte, auf meine Bitte dies auch für uns zu thun, sie lieferten uns ein sehr wohlriechendes und wohlschmeckendes grünes Pulver von minimalem Aetherbeigeruch, das so eingestellt war, dass 1 g Zucker 5 g

guten schwarzen Souchong-Thee entsprach. — Wie vorauszusehen war, musste ein Aetherextract, bei dem gar keine Destillation angewendet war, etwas Coffeïn enthalten — in der That fanden wir in 100 g ein wenig Coffeïn. Dagegen hatte das Präparat den Vorzug vor unseren bisherigen Destillaten, dass seine etwaige Unwirksamkeit a fortiori die Unwirksamkeit auch der Destillate bewies, da hier jedes Erhitzen und damit eine etwaige Zersetzung des wirksamen Princips vermieden war. Die Versuche sind insofern auch noch werthvoller als die bisher mitgetheilten, weil in ihnen durchweg die Erfahrung der früheren Experimente benützt ist, dass der Puls bei Ruhelage $\frac{1}{2}$—1$\frac{1}{4}$ Stunden lang sinkt, so dass man erst von dieser Zeit ab einen constanten Puls voraussetzen darf.

Und in der That war mit unseren groben Methoden untersucht, das Präparat ganz unwirksam, wie folgende, abgekürzt wiedergegebene Versuchsprotokolle beweisen. Der Theezucker wurde in 150—200 ccm 37° warmem Wasser gelöst und lieferte so ein ganz angenehmes Getränk.

Versuch X.

Herr Dr. Tendlau bleibt von 9 Uhr bis 9 Uhr 30 Min. Früh in der Rückenlage, wobei der Puls von 80 auf 64 herabgeht.

9 Uhr 45 Min. Puls 64, regelmässig. Jetzt 10 g Th. Elaeosacharum = 50 g Thee.

10—12 Uhr. Puls alle 15 Min. gezählt: 62, 60, 62, 60, 60, 58, 56, 58, 60. Bis 11 Uhr regelmässig, dann leicht unregelmässig. Aehnliches ist bei Herrn Dr. T. sehr gewöhnlich zu beobachten.

Keine Empfindungen abnormer Art, kein Urindrang, keine besondere Euphorie.

Versuch XI.

An dem kräftigen Kutscher H., der nicht wusste, um was es sich handelte.

Von 9 Uhr bis 10 Uhr 15 Min. sinkt Puls von 84 auf 72, letzte Zeit constant.

10 Uhr 15 Min. 72 200 ccm Zuckerwasser.
10 Uhr 45 Min. 72.
11 Uhr; 11 Uhr 15 Min.; 11 Uhr 30 Min. 70.
11 Uhr 45 Min. 68.
12 Uhr 68.

Versuch XII.

Kutscher H. Von 9 Uhr bis 10 Uhr sinkt Puls von 74 auf 70 und war die letzte Viertelstunde constant.

10 Uhr 70; 10 g Theezucker = 50 g Thee in 150 Wasser.

10 Uhr 15 Min. 70.

10 Uhr 30 Min. bis 12 Uhr 30 Min. 68. Puls absolut constant, regelmässig kräftig.

In beiden Versuchen keine Spur eines subjectiven oder objectiven Symptoms.

Versuch XIII.

Endlich genoss der gleiche Kutscher H. nochmals 50 g Elaeosaccharum 250 g Thee entsprechend.

Puls von 9 Uhr 30 Min. bis 10 Uhr constant 60, dann 50 g Theezucker in 200 Wasser.

Puls von 10 Uhr 15 Min. bis 12 Uhr constant 60.

Es war absolut nicht die mindeste Wirkung des Präparates zu constatiren.

Um nun zu zeigen, welche energische Wirkung der Theeauszug im Vergleich zu dem Theedestillat äussert, dass also keinenfalls dem Theeöl eine Hauptwirkung zukommt, haben wir eine grössere Anzahl Versuche gemacht, von denen einige im Auszug mitgetheilt sein mögen.

Versuch XIV.

Herr Dr. Tendlau (Auszug aus 20 g grünem Thee).

Die Zählung des Pulses hat keinen grossen Werth, da schon nach 1/4-stündigem Liegen und bei einer Pulsfrequenz von 88 der Theeaufguss (3malige Extraction des Theepulvers mit je 100 Wasser) getrunken wurde. Der Puls geht allmählich erheblich bis 56—60 herunter und ist ziemlich unregelmässig. — Die sonstigen Symptome waren: Schon nach 15 Min. etwas Benommenheit und Schwindel, nach 45 Min. etwas Unruhe, nach 1 Stunde Urindrang. Während die cerebralen Symptome nach 1 Stunde 30 Min. zurücktreten, tritt leichter Tremor auf. Schon 1 Stunde nach dem Trinken etwas Urindrang, der allmählich stärker wird.

Nach 2 Stunden 45 Min. wird der Versuch abgebrochen, der Tremor hält noch 2—3 Stunden an. Harn 2 Stunden 45 Min. nach dem Trinken. 500 ccm spec. Gewicht 1016, 2 Stunden später nochmals 400 Harn spec. Gewicht 1006 — also kräftige diuretische Wirkung.

Versuch XV.

Herr Dr. Tendlau (Auszug aus 40 g grünem Thee).

Pulszählungen aus dem gleichen Grund wenig werth wie bei Versuch XIV. Frequenz und Unregelmässigkeit ebenfalls ganz ähnlich. Uebrige Symptome viel stärker.

9 Uhr 30 Min. getrunken.

9 Uhr 43 Min. heftiger Schwindelanfall mit starkem Hitzegefühl im Kopf, Athembeschleunigung, Tremor, Unruhe (Schwierigkeit die ruhige Lage auf dem Stuhl einzuhalten), Angstgefühl, Herzklopfen ohne auffallendere

Frequenzänderung. Nach 5 Minuten lässt der Anfall nach, leichter Tremor der Finger und etwas Schwindel bleibt bestehen.

9 Uhr 55 Min. Zweiter Anfall ganz ähnlich wie der von 9 Uhr 43 Min. Der Tremor verbreitet sich jetzt bis auf die Unterarme, in denen einzelne Zuckungen auftreten. Leichter Urindrang.

10 Uhr 15 Min. bis 11 Uhr. Von Zeit zu Zeit leichtes Schwindelgefühl, Tremor gering, in den Beinen etwas Müdigkeitsgefühl. Beim Versuch aufzustehen und stehen zu bleiben, tritt ein heftiger Schwindelanfall auf, sodass er sich stützen muss, um nicht umzufallen. Nach einigen Minuten gelingt es dann, ruhig zu stehen, doch verstärkt sich der Schwindel sofort wieder, wenn er einige Schritte geht. Der Gang ist unsicher und behindert durch eine starke Spannung in den Bein- besonders Wadenmuskeln und durch das Gefühl, als ob die Füsse beschwert seien. Beim Niederlegen nehmen die Beschwerden sofort wieder ab mit Ausnahme eines erneuten starken Tremors der Hände und Finger. Ebenso besteht die Muskelspannung noch fort.

12 Uhr. Die letzte Stunde leidliches Wohlbefinden, wenig Schwindel, selbst als jetzt aufgestanden wird.

Nach dem Aufstehen wird sofort 530 ccm Harn, spec. Gewicht 1017, entleert, am späteren Nachmittag (ohne dass inzwischen getrunken worden wäre) 250 ccm Harn, spec. Gewicht 1008. Die Spannung und Schwere in den Beinen, die den Gang sehr behinderten, schwanden gegen Abend. Sehr unangenehm waren die häufigen leichten Schwindelanfälle mit Hitzeandrang zum Kopf, die bis zum Abend auch in der freien Luft auftraten. Der Appetit war sehr gering. Trotz des Genusses von etwas Alkohol am Abend erst nach 12 Uhr Schlaf.

Nicht näher mittheilen will ich einen Versuch (XVI) an dem offenbar auch nervösen Frl. R., das, obwohl es nachts 10 Stunden geschlafen hatte, morgens 1 Stunde nach dem Genuss von 300 ccm Auszug aus 20 g grünen Thee einschlief und 3/4 Stunden fortschlief. Die übrigen Symptome: Schwindel, Tremor, Hitzegefühl, Müdigkeit in den Beinen stimmten mit den an Herrn Dr. Tendlau beobachteten überein. Die Pulsfrequenz, deren Constantwerden durch die horizontale Lage vorher abgewartet worden war (72) schwankte von 68—76 ziemlich regellos, der Puls wurde etwas irregulär und wechselte im Laufe der Zeit mehrfach in seiner Stärke.

Dagegen haben die an dem Kutscher H. angestellten 3 Theeversuche ein grösseres Interesse. Der Mann war kerngesund, nicht nervös, ohne jede Ahnung, wie er reagiren sollte, ohne jede Reaction auf Theeöl (vergl. XII und XIII). Derselbe trank 4mal steigende Mengen Theeauszug mit folgendem Erfolg.

Versuch XVII.

(300 ccm Auszug aus 6 g grünem Thee.)

Nachdem die Herzaction durch halbstündige Ruhelage auf 60 gesunken, wird alle Viertelstunde der Puls gezählt.

9 Uhr 30 Min. 60.

9 Uhr 45 Min. 60.

10 Uhr 60 (Trinkt).

10–12 Uhr 60, 60, 60, 58, 57, 58, 60, 60.

Nach 1 Stunde 30 Min. leichter, später steigender Urindrang. Herzaction stets kräftig regelmässig.

Versuch XVIII.

(300 ccm Auszug aus 20 g grünem Thee.)

Symptome etwa wie in Versuch XIV bei Herrn Dr. Tendlau: Zucken in den Fingern, besonders Daumen, leichter Tremor der Hände, leichte Schwindelanfälle, die beim Stehen sofort zunehmen. Starker Urindrang. Die Pulsfrequenz schwankte nur von 60—57, im Wesentlichen veränderte sich auch die Kraft des Pulses nicht und die Regularität blieb auch ziemlich gut.

Versuch XIX.

(300 ccm Auszug aus 30 g Thee.)

Symptome wie im vorigen Versuch. Puls vorher constant 60. Im Versuch schwankte derselbe von 57—63.

Versuch XX.

(300 ccm Auszug aus 40 g Thee.)

Nachdem H. um 9 Uhr in gewohnter Weise bequeme Rückenlage eingenommen hatte, war die Pulsfrequenz um 9 Uhr 45 Min.: 60. Der Puls war kräftig, regelmässig.

10 Uhr	— Min.,	Puls:	60,	kräftig,	regelmässig	
10 »	15 »	»	60,	»	»	(Trunk)
10 »	30 »	»	62,	»	»	

10 Uhr 40 Min., H. klagte über heftiges Hitzegefühl im Kopfe und im ganzen Körper. Puls: 58, leicht unregelmässig. Ziemlich starker Tremor der Finger.

10 Uhr 45 Min., Puls: 56—60 unregelmässig. Es trat unangenehmes Schwindelgefühl auf. Der Tremor war stärker geworden, Daneben zeigten sich einzelne Muskelzuckungen in den Händen und Armen.

11 Uhr, Puls: 57, kräftig, regelmässig. Status idem. H. klagte über einen Druck in der Herzgegend, ein unangenehmes, beklemmendes Gefühl, das er nicht näher beschreiben konnte, und das etwa 10 Min. anhielt.

11 Uhr 15 Min., Puls: 56, regelmässig. Der Schwindel ist stärker geworden und besonders beim Versuch, zu stehen, sehr heftig. Es trat leichter Urindrang auf.

11 Uhr 30 Min., Puls: 62, regelmässig. Die Beschwerden haben nachgelassen, der Tremor ist schwächer geworden.

11 Uhr 45 Min., Puls: 64, regelmässig. Allgemeinbefinden besser, Urindrang stärker geworden.

12 Uhr, Puls: 64, kräftig, regelmässig. Starker Urindrang. Die Beschwerden waren fast ganz geschwunden. Der Tremor der Finger in leichtem Grade vorhanden. Beim Aufstehen empfand H. keine Beschwerden. H. liess 400 ccm hellen Urin vom spec. Gewichte: 1008.

Dieser Versuch zeigte uns alle bisherigen Symptome in verstärktem Maasse. Zum ersten Male trat anfallsweise eine heftige Diaphorese auf. Die Pulsfrequenz war erst von 60 auf 56 verlangsamt, später auf 64 erhöht, ging bis auf 56 herab. Rhythmus und Intensität der Pulswelle waren wenig beeinflusst.

Aus diesen Versuchen ergaben sich folgende einfache Schlüsse:

1. Der Extract von 6—10 g Thee wird vom Menschen meist ohne gröbere Wirkung vertragen.
2. Steigerung dieser Dosis auf den Extract aus 20—40 g Thee bringt eine Reihe typischer Symptome hervor: Muskelspannung und Muskelzuckungen, sich subjectiv äussernd als Gefühl der Muskelermüdung und Schwere einerseits, der Muskelunruhe und des Tremor andererseits, Schwindel, Hitzegefühl, Präcordialangst treten ab und zu, namentlich beim Versuch aus der horizontalen in die verticale Stellung überzugehen, auf. Die Herzaction wird weder in ihrer Zahl noch in ihrer Stärke, noch in ihrer Regelmässigkeit deutlich beeinflusst.
3. Von all diesen oder anderen Störungen wurde gar keine Andeutung beobachtet, als Theedestillat oder Theeätherextract selbst aus 150 ja 200 g Thee von sehr verschiedenen Personen getrunken wurden.
4. Da das »Theeöl« also an den toxischen Wirkungen des Thees nicht betheiligt ist, so ist nicht eben wahrscheinlich, dass bei der Wirkung des üblichen Theegetränkes das Theeöl eine andere als geschmacksverbessernde Rolle spielt. Jedenfalls haben unsere Versuche absolut nichts ergeben, was gestattete im Theeöl das »aufregende« Princip der Theeblätter zu suchen.

Die Anschauungen von Kraepelin und Hoch über die Theeöl-wirkung[1]).

Unsere Versuche waren schon ziemlich abgeschlossen als mir erst die interessante Arbeit von Kräpelin und Hoch[2]) bekannt wurde, in der die Autoren an der Hand einer geistreich ausgedachten Versuchsanordnung und auf streng wissenschaftlichem Wege die Veränderung mehrerer unserer Leistungen unter dem Einfluss der verschiedenen Theebestandtheile prüften. Ich gestehe, dass es grossen Eindruck auf mich machte, mit einem Forscher vom Range Kräpelin's, dessen wichtige Resultate auf dem Gebiete der experimentellen Erforschung der Individualpsychologie ich sehr hoch schätze, in der Deutung seiner Theeöl-Versuche nicht übereinzustimmen resp. seine Schlüsse nicht für beweisend halten zu können. Da mir aber meine Einwände bei mehrfacher Ueberlegung der Sache immer wieder berechtigt erschienen, so entschloss ich mich, sie zu veröffentlichen.

Kräpelin und Hoch's Methodik war die folgende:

1. Zuerst wurde am Ergographen geprüft, wie oft der Mittelfinger, der in geeigneter Weise eingespannt wurde, bei willkürlicher maximaler Contraction seiner Beuger ein Gewicht von 5 kg in Zwischenräumen von 1 Secunde zu heben vermochte. Zahl und Grösse dieser Hebungen wurden auf einer berussten Trommel aufgeschrieben. War die Contractionsfähigkeit des Muskels soweit erschöpft, dass das Gewicht gar nicht mehr gehoben werden konnte, so wurde 10, in anderen Versuchen 5 Minuten gewartet und dann eine 2. Gruppe von Contractionen bis zur abermaligen Erschöpfung des Muskels aufgeschrieben u. s. f., bis auch nach der Erholungspause eine weitere Contractionsgruppe unmöglich war. Die Leistung in einer Contractionsgruppe wird durch die Summe der Höhe der Einzelcontractionen

1) Für die folgenden Ueberlegungen trage ich allein die Verantwortung.
K. B. Lehmann.

2) Ueber die Wirkung der Theebestandtheile auf körperliche und geistige Arbeit. Leipzig, W. Engelmann 1895. Separatdruck aus Kräpelin: Psychologische Arbeiten, I. Band, 2.—3. Heft.

in Millimeter repräsentirt, als Gesammtleistung in einem Versuch gilt: Die Summe der Höhe sämmtlicher Contractionen aller Gruppen mit Ausnahme derjenigen der beiden ersten Contractionsgruppen. Eine Verwandlung dieser Relativzahlen in Meter-Kilogramme würde durch einfache Multiplication mit 0,005 erreicht, was aber unterblieb.

In den Versuchen, welche die Wirkung eines Mittels veranschaulichen sollten, wurde das Genussmittel erst genommen, wenn eine oder zwei Contractionsgruppen ohne Mittel aufgeschrieben waren.

2. Wurde die Fähigkeit zu Addiren unter dem Einfluss des Mittels geprüft.

Ergographenversuche mit Theeöl stehen 4 an Dr. Hoch, 3 an Dr. Jost zur Verfügung, denen ebensoviel Normalversuche entgegenstehen. 2 Versuche, in denen Theeöl und Coffeïn gleichzeitig genommen wurde, bleiben für mich ausser Betracht.

Die Dosirung des Coffeïns schwankte von 0,06—0,6 g, etwa entsprechend 4—40 g Thee, diejenige des Theeöls von 1,2 bis 4,8 g Theezucker (entsprechend 6—24 g Thee). Ob auf die Temperatur der getrunkenen Flüssigkeiten geachtet wurde, ist nicht absolut sicher, vom Paraguaythee heisst es (S. 386) 10 bis 25 g wurden mit etwa 200 g heissen Wassers übergossen und nach 15 Minuten genossen.

Sehr erschwert wird die Deutung der Zahlen durch die von Kräpelin und Hoch selbst angeführten Thatsachen.

1. In einer grossen Anzahl von Versuchsreihen sind einzelne Lücken, bedingt durch zufällige Störungen, was die Bildung von Mittelwerthen erschwert.
2. Die Uebung, welche durch einen Versuch hervorgebracht wird, beeinflusst günstig die Versuche des folgenden Tages. In der Mehrzahl der Versuche befanden sich die Versuchspersonen noch nicht im Stadium der maximalen Uebung, so dass nur durch rechnerische Manipulationen der Einfluss der Uebung und der Einfluss des Arzneimittels auf den Ausfall des betreffenden Versuchs auseinandergehalten werden konnte.

Weiter scheint mir ein Mangel, dass die Versuche so wenig zahlreich sind, dass Vexirversuche oder Versuche an Personen fehlen, die nicht wussten, wie sie reagirten oder reagiren sollten — mindestens dass nicht die Versuche mit Trinken von genussmittelhaltigen Flüssigkeiten mit solchen wechselten, bei denen Wasser (statt gar nichts) getrunken wurde.

Als Resultat der Theeölversuche an Hoch sagen Kräpelin und Hoch (S. 395):

»Die Versuche mit Theeöl zeigen auf den ersten Blick wenig Auffallendes«.

Es will mir scheinen, als ob die Arbeit die Kräpelin und Hoch darauf verwendet haben, doch etwas positives und bedeutsames aus diesen Curven herauszulesen, sich nicht recht gelohnt habe.

Die Verfasser gruppiren ihre ersten 4 Versuche[1]) (Trinken nach der ersten normalen Curvengruppe) folgendermaassen, wobei stets Mittel aus 2 Normalversuchen, Theeölversuchen etc. aufgezeichnet sind.

Tabelle I.

Erste Versuchsgruppe.

(Vor dem Trinken wurde nur eine Curvengruppe geschrieben.)

Mittel aus	1. Curve	Mittel aus der 2.—4. Curve	Mittel aus der 5.—7. Curve	Summe der 7 Curven	Summe der 6 Curven ohne I)
2 Normalversuche (ohne Trinken). Versuch 4 und 8 von Hoch	1 248	1 236	1 154	8 418	7 170
2 Theeölversuche (1,2 resp. 2,4 g Theeöl). Versuch 1 und 5 von Hoch . . .	1 354	1 391	1 022	8 593	7 239

Zweite Versuchsgruppe.

(Vor dem Trinken wurden zwei Curvengruppen geschrieben.)

Mittel aus	Mittel aus der 1. u. 2. Curve	Mittel aus der 3.—5. Curve	Mittel aus der 6.—8. Curve	Summe der 8 Curven	Summe d. 6 C. (ohne I u. II)
2 Normalversuche (ohne Trinken). Versuch 11 und 14 von Hoch	1 326	1 429	1 232	10 635	7 983
2 Theeölversuche (2,4 resp. 3,6 g Theeöl). Versuch 9 und 13 von Hoch . . .	1 472	1 407	1 215	10 810	7 866

1) Von den gleichzeitig gemachten Coffeïn- und Paraguaytheeversuchen sehe ich ganz ab.

Bei diesen Versuchen war die Reihenfolge so, dass durch die Uebung die Normalversuche gegen die Theeölversuche begünstigt waren, denn es folgte:

1. Gruppe	2. Gruppe
1. Theeöl	1. Theeöl
2. Coffeïn	2. Coffeïn
3. Paraguaythee	3. Normal
4. Normal	4. Paraguaythee
5. Theeöl	5. Theeöl
6. Coffeïn	6. Normal
7. Paraguaythee	7. Paraguaythee
8. Normal	8. Coffeïn,

es wäre also, wenn das Theeöl unwirksam gewesen wäre, für die Normalversuche eine etwas höhere Leistung zu erwarten gewesen, wie für die Theeölversuche.

Es ist nun trotzdem die Anfangsleistung bei den Theeölversuchen vor dem Trinken (Curve 1 in Abtheilung I und Curve 1 + 2 in Abtheilung II) jedesmal erheblich höher als vor den Normalversuchen — dies bleibt natürlich vollkommen unerklärt und ist keinesfalls auf den späteren Theeölgenuss zu beziehen.

Die von mir durch Addition ermittelte Gesammtleistung an den betreffenden Tagen war (siehe Stab 3 in Tabelle I) nach meiner Berechnung fast genau gleich an den Normal- und an den Theeöltagen, an letzteren sogar in beiden Versuchsgruppen etwas grösser, aber auch wenn man die erste, resp. in Gruppe II die 1. und 2. Curvengruppe weglässt, sind die Resultate fast gleich, in Gruppe I für die Theeölversuche, in Gruppe II für die Normalversuche etwas höher.

Es hat also unter der Einwirkung des Theeöls keine Abnahme der Gesammtleistungen stattgefunden, nicht einmal waren die Leistungen nach dem Trinken bei den Theeölversuchen beidemal entschieden kleiner.

Kräpelin und Hoch calculiren anders. Sie rechnen die Leistungen der Tabelle I in Procente der Anfangsleistung der 1. resp. der 1. und 2. Curve vor dem Trinken um und erhalten folgende Zahlen:

Tabelle II.

Erste Versuchsgruppe.

	1. Curve	2.—4. Curve	5.—7. Curve
Normalversuche	100	99	92,4
Theeölversuche	100	102	75,5

Zweite Versuchsgruppe.

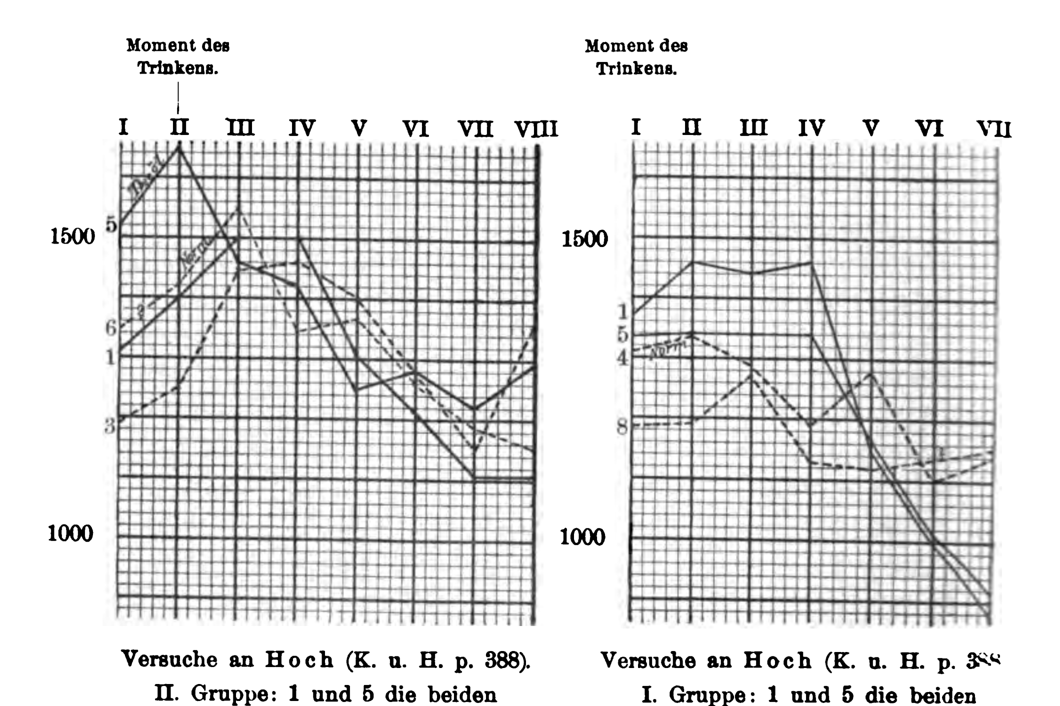
	1. u. 2. Curve	3.—5. Curve	6.—8. Curve
Normalversuche	100	107,9	92,9
Theeölversuche	100	95,6	82,6

Aus dieser Tabelle erschliessen die Autoren einen entschieden lähmenden Einfluss des Theeöls. Ich halte es nicht für unmöglich die Versuche so zu deuten, aber einen Zwang zu dieser Deutung kann ich nicht einsehen. Hätten die Versuchspersonen in den Curven vor dem Theeöltrinken sich etwas weniger angestrengt, oder in den Normalversuchen anfangs etwas stärker gearbeitet, das Resultat wäre sofort anders. Die gute »Disposition«, die nur aus den hohen Anfangsleistungen just an den Theeöltagen erschlossen wird, lässt bei der procentirten Rechnung die späteren Leistungen bei den Theeölversuchen in ungünstigem Lichte erscheinen.

Stellt man die Resultate der 8 Versuche nach den Originalzahlen graphisch dar, so zeigt sich, dass die beiden Normalcurven, Gruppe I Curve 4 und Gruppe II Curve 3 einmal eine zufällige, unregelmässige Elevation zeigen — eine solche Elevation im Anfang (vor dem Trinken) hätte auf die procentische Umrechnung des Versuches die ungünstigste Wirkung gehabt, während sie nach dem Trinken das Resultat sehr günstig beeinflusste.

Vorläufig — d. h. bis weitere Versuche beigebracht sind — scheint mir also die Annahme erlaubt, allerdings nicht bewiesen, dass das Theeöl in Hoch's Versuchen ohne merklichen Einfluss auf die Muskelcontraction gewesen sei, und dass das von Kräpelin und Horst berechnete schlechte Resultat bloss durch

die aus unbekanntem Grunde in diesen Versuchen besonders guten Leistungen vor dem Trinken zu erklären sei. Mir scheint die Annahme, dass an den 4 Theeöltagen durch irgend einen Zufall oder eine Suggestion just die Leistungen der ersten Versuchsgruppe besonders gut gewesen seien, mindestens ebenso berechtigt wie diejenige, darin die Gesammtdisposition an den



Versuche an **Hoch** (K. u. H. p. 388).
II. Gruppe: 1 und 5 die beiden Theeölversuche, 3 und 6 die beiden Normalversuche.

Versuche an **Hoch** (K. u. H. p. 388
I. Gruppe: 1 und 5 die beiden Theeölversuche, 4 und 8 die beiden Normalversuche.

Fig. 1.

4 Tagen gerade besonders gut war. Jedenfalls war die absolute Leistung — obwohl die Uebung die Normalversuche begünstigte — bei den Theeölversuchen durchweg nicht kleiner.

Die Zahl der Hübe, die Hoch in seinen Versuchen ausführte, war:

Tabelle III.

Erste Versuchsgruppe. (7 Hubgruppen bekannt.)

Versuche in der Reihenfolge, in der sie angestellt sind	Mit	Ohne
	Mitzählung der Hübe der ersten Curve	
I. Theeöl	288	241
IV. Normal	291	249
V. Theeöl	295	250
VIII. Normal	309	265
Zweite Versuchsgruppe. (8 Hubgruppen bekannt.)		
	Mit	Ohne
	Mitzählg. d. Hübe d. ersten beid. Curven	
IX. Theeöl	370	276
XI. Normal	379	286
XIII. Theeöl	366	264
XIV. Normal	374	279

Die absolute Zahl der Hebungen ist in der ersten Gruppe durch die Uebung in dem Sinne beeinflusst, dass die Zahl von Versuch zu Versuch steigt, da zwischen dem Theeöl und dem Normalversuch je 2, zwischen dem Normalversuch und dem Theeöl kein weiterer Versuch liegt, so ist das Ansteigen dieser Zahl wohl lediglich als der Ausdruck der Uebung zu bezeichnen, aus der 2. Versuchsgruppe lässt sich aus Versuch IX und XIV ein Gleichbleiben, aus den beiden anderen eine mässige Verminderung der Hubzahl durch das Theeöl schliessen.

Aus der Berechnung der Hubzahlen in Procent der Hubzahl vor dem Trinken finden Kräpelin und Hoch folgendes: Setzt man die Hubzahl der 1. Curve gleich 100, so beträgt die der Folgenden:

Tabelle IV.

Erste Versuchsgruppe.

	1. Curve	2.—4. Curve	5.—7. Curve
2 Normalversuche	100	104,7	95,3
2 Theeölversuche	100	95,7	82,6
Zweite Versuchsgruppe.			
	1. u. 2. Curve	3.—5. Curve	6.—8. Curve
2 Normalversuche	100	104,2	91,6
2 Theeölversuche	100	94,9	88,8

Wie man sieht, sind auch nach dieser Berechnung allerlei Schwankungen, aber es scheint wieder das Resultat gegen das Theeöl zu sprechen.

Auch hier aber ist wieder zu bemerken, dass die hohen Anfangszahlen an den Theeöltagen das Resultat sehr ungünstig erscheinen lassen, während man sagen kann, dass eben die hohe Hubzahl der 1. Curve einen Theil der Kräfte verbraucht hat, die sonst später verwendet worden wären.

In der That sind die Hubzahlen just an den Theeöltagen vor dem Trinken sehr hoch gewesen.

I.	Theeöl	47
IV.	Normal	42
V.	Theeöl	45
VIII.	Normal	43
IX.	Theeöl	47 . 47
XI.	Normal	47 . 46
XIII.	Theeöl	51 . 51
XIV.	Normal	— 48

Auf die Betrachtung der Hubgrösse, die nach den Berechnungen von Kräpelin und Hoch bald günstig bald ungünstig durch das Theeöl beeinflusst wurde, gehe ich nicht ein, ja ich nehme für den Moment an, meine Bedenken gegen die procentische Berechnungsweise der Autoren liessen sich entkräften und halte mich bloss an die Schlussfolgerungen der Autoren selbst.

Schliesslich haben nämlich Kräpelin und Hoch noch folgende Mittelwerthe aus allen 4 Versuchen beider Gruppen ausgerechnet (es beziehen sich die Zahlen auf Mittel der je 6 letzten Curven jedes Versuches):

Ist die Gesammtleistung einer Curve

Normal . . .	= 100	so ist sie bei Theeöl	= 99,7
die Hubzahl .	= 100	» » » » »	= 96,5
die Hubgrösse .	= 100	» » » » »	= 103,2

In Worten drücken sie dies so aus: »Beim Theeöl ist demnach die Gesammtleistung unbedeutend, die Hubzahl entschieden

geringer als in den Normalversuchen, die Hubgrösse erfährt eine kleine Steigerung.«

Ich hätte dies lieber so ausgedrückt: »Bei der geringen Zahl der Versuche und der grossen Zahl von Fehlerquellen, die nur durch ebenso zeitraubende als mühsame und langweilige Reihen von Experimenten unschädlich zu machen sind, müssen wir es uns zur Zeit versagen, den geringen Abweichungen, die wir bei der Verwendung von Theeöl gegenüber den Normalversuchen gefunden, eine beweisende Bedeutung zuzusprechen. Wenn das Theeöl eine Wirkung auf die Leistungen unserer Muskeln hat, so ist sie jedenfalls sehr gering. Die Gesammtleistung bleibt unverändert, die Hubzahl wird um 3,5% vermindert, die Hubgrösse um 3,2% erhöht — auf derartige Schwankungen, wenn nur 4 Versuche mit Theeöl mit 4 anderen verglichen werden können, Werth zu legen, erscheint bei der Unregelmässigkeit der Einzelresultate zu gewagt.«

Auch die Versuche an Dr. Jost vermögen mich nicht von einer merklichen Theeölwirkung zu überzeugen. Die Autoren gestehen selbst ein, dass die Versuche viel Unbefriedigendes hatten, da selbst die an Hoch mit ziemlicher Schärfe auftretende Coffeïnwirkung (Steigerung der Muskelleistungsfähigkeit) hier nur sehr unbestimmt (vielleicht verlangsamt) und bei grossen Dosen auftrat. Das Theeöl erzeugte »subjectiv eine gewisse Erheiterung«. »Aus den Versuchen geht nur eine ziemlich unsichere lähmende Wirkung hervor.« Ich kann mir nicht helfen, aber ich kann überhaupt auf einem so schwierigen Gebiet aus 3 Versuchen nichts schliessen.

Verzichtet man auf alle rechnerische Auswerthung — bei Mitteln aus nur je 3 Versuchen können einzelne abnorme Zahlen einen gewaltigen Einfluss auf das Ergebnis haben — und hält sich an die graphisch veranschaulichten Resultate so sieht man Figur II.

Die Leistungen der unter Theeölwirkung stehenden mit dem Minimum von Uebung erhaltenen Curve 1 (Th.) sind bessere als die 4 Tage später (es liegt nur noch ein Coffeïnversuch dazwischen) aufgezeichnete Normalcurve (N), auch die am folgen-

den Tag gezeichnete Theeölcurve 4 (Th) veranschaulicht wesentlich bessere Leistungen, wie die von 3 (N). Vergleicht man die unter dem Einfluss etwas stärkerer Uebung gezeichneten Curven 6 (N) und 9 (N) mit der dazwischen gezeichneten 8 (Th), so wird man zugeben, dass die durch Curve 8 repräsentirten Theeölleistungen erheblich die von Versuch 6 (N) übertreffen, wenn auch sie wieder durch Curve 9 (N) geschlagen werden. Wenn Versuch 8 ohne Theeölgenuss angestellt wäre, so würde man einfach den Einfluss der fortschreitenden Uebung aus den 3 Versuchen ableiten.

Aus solchen Ergebnissen etwas wichtiges berechnen zu wollen, geht doch wohl kaum an, und das Resultat von Hoch und Kräpelin:

Tabelle V.

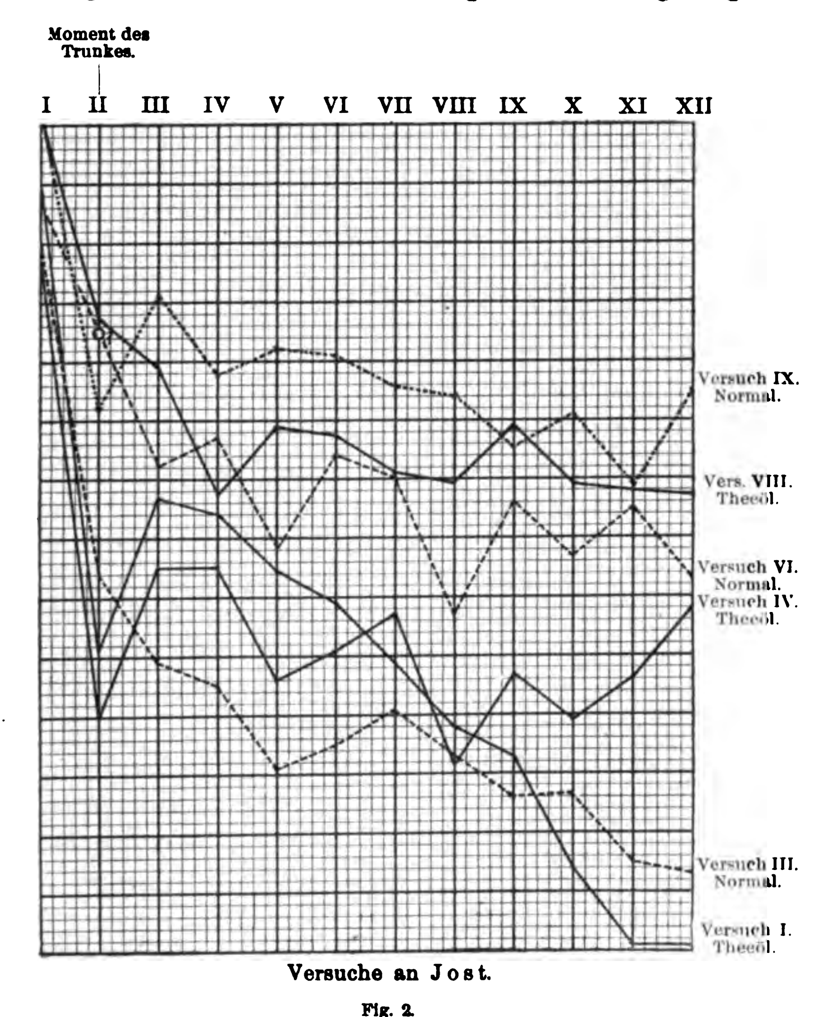
	Mittel d. beiden ersten Curven jed. Versuches	Mittel der 3.—7. Curve	Mittel der 8.—12. Curve
Ohne Trinken, d. h. Normal	1 603 (100)	1 304 (81,4)	1 178 (73,5)
Mit Trinken von Theeöl .	1 494 (100)	1 192 (79,8)	975 (65,3)

das auf den ersten Blick einen gewissen Eindruck machen könnte, wird wohl Niemand, der die graphische Darstellung angesehen hat, mehr als irgend ein Beweis für eine Theeölwirkung erscheinen — offenbar auch Hoch und Kräpelin nicht, denn sie drücken sich sehr vorsichtig aus.

Als zweite Methode, die Beeinflussung unserer Leistungen durch Theeöl zu untersuchen, haben Kräpelin und Hoch Versuche über die Beeinflussung der Additionsfähigkeit durch Theeölgenuss gemacht.

Die Versuchsperson (es liegen zwei Reihen von je 12 resp. 11 Versuchen vor, alle an Dr. Hoch selbst angestellt) addirt ihr vorgelegte Zahlen nach bestimmten Regeln und macht alle Viertelstunde beim Ertönen eines Glockenzeichens einen Strich, wie weit sie mit dem Addiren gekommen; es wurden im Anfang pro Viertelstunde etwa 200, später als die Uebung das Maximum erreicht, etwa 350 Zahlen in der Viertelstunde addirt.

Die Verwerthung der 6 Theeölversuche zu Schlüssen ist wieder sehr schwierig, weil zwischen sie 10 Normal- und 5 Coffeïnversuche unregelmässig eingestreut sind, und — wie der erste Blick ergibt, der Einfluss der Uebung auf die Steigerung des



Versuche an J o s t.

Fig. 2.

Resultats von Versuch zu Versuch — bis das Uebungsoptimum eintritt — v i e l grösser ist als der Einfluss der stets nach der zweiten Arbeitsviertelstunde genommenen Genussmittel. K r ä - p e l i n und H o c h suchen diese Schwierigkeit durch eine Reihe

von Umrechnungen zu umgehen. Viel einfacher hätte es mir geschienen, die Versuche noch zur Gewinnung von weiterem Material fortzusetzen, da die letzten 4 (3 mit Theeöl, 1 ohne Genussmittel) erkennen lassen, dass jetzt das Uebungsoptimum erreicht und damit ein sicheres Arbeiten möglich war.

Halten wir uns an diese 4 letzten Versuche und verwenden wir sie in schlichter Weise! Sie lauten:

Viertelstunde	1 Std.	2 Std.	Genossene Substanz	3 Std.	4 Std.	5 Std.	6 Std.
29. I.	358	361	2,5 g Theezucker	357	352	354	337
30. I.	380	357	nichts	359	357	340	333
1. II.	356	351	2,4 g Theezucker	344	350	343	323
5. II.	357	351	2,5 g Theezucker	348	350	348	345

Die Zahlen vor der Aufnahme des Präparats stimmen wohl so gut, wie man dies nur erwarten kann — ein weiterer Uebungseinfluss ist jedenfalls nach dem 30. I. nicht mehr hervorgetreten. Ohne Rechnung schon möchte man die Leistung im Normalversuche ungefähr gleich dem der 3 Theeölversuche halten, bildet man aber nun die Summe der Leistungen in den 4 (3 bis 6 Stunden) Viertelstunden nach dem Trinken, so findet man:

Normal 1389: Mit Theeöl 1400, 1360, 1391 oder
Normal 1389: Mittel aus den Theeölversuchen: 1383
oder pro Viertelstunde
Normal 346: Mit Theeöl 347.

Wie gefährlich complicirtere Rechnungen sind, beweist, dass der Versuch vom 5. II., der sich durch seine Anfangszahlen als auf vollkommen identischer Basis mit dem Versuch vom 1. II. stehend zeigte, ein um mehr als 2 % günstigeres Gesammtresultat, namentlich einen besseren Schluss hatte, und der Versuch vom 29. I. gar mehr als 3 % besser ausfiel.

Ich bedauere, unter diesen Umständen den 4—8 % besseren Resultaten, die Kräpelin und Hoch aus ihrem ganzen Material für die Theeölversuche gegenüber den Normalversuchen unter verschiedenen wohlerwogenen Annahmen berechnen, keinen beweisenden Werth beilegen zu können.

Bei der 3. und 4. Versuchsperson sind überhaupt keine Theeölversuche gemacht, ich könnte sie übergehen, wenn nicht die Versuche an der 3. Versuchsperson eine deutliche günstige Coffeïnwirkung ergäben, während man aus denen an der 4. Versuchsperson eine lähmende Wirkung des Coffeïns ableiten muss, die sich auch durch die sorgsamste Rechnung nicht beseitigen lässt.

Es haben also von 4 Personen zwei Nr. 1 und Nr. 3 günstige Beeinflussung der Muskelarbeit durch Coffeïn gezeigt, Nr. 2 keine deutliche, Nr. 4 eine deutlich ungünstige. Es wird Niemand nach solchen Ergebnissen mit dem stark wirkenden Coffeïn behaupten können, dass die spärlichen Theeölversuche an bloss 2 Menschen eine wirkliche Beweiskraft besitzen.

Kräpelin und Hoch haben ihr Gesammturtheil über die Wirkung des Theeöls dahin zusammengefasst, dass es die Hirnrinde in doppelter Weise beeinflusst, durch Erleichterung der eingeübten Associationen des Addirens und durch Erschwerung der Auslösung von Bewegungsantrieben« (S. 483). Sie haben dann versucht, diese Erfahrungen (wobei es sich selbst, wenn man ihre Betrachtungsweise adoptirt und wie sie es bei diesen Schlussbetrachtungen thun, alle widersprechenden und unbefriedigenden Ergebnisse ignorirt, stets nur eine Beeinflussung um wenige bis höchstens einmal 10—12 % handelt) dazu zu verwerthen, uns die Wirkung des Thees verständlich zu machen und die Euphorie nach Theegenuss als wahrscheinliche Wirkung des Theeöls zu erklären. Mich haben sie leider nicht überzeugt.[1])

Ich schliesse diese kritische Betrachtung mit der These, dass auch mit den feinen Methoden der Analyse, die Kräpelin und

1) Offenbar würden kräftigere Wirkungen als am unermüdeten am ermüdeten Menschen von Thee und Theebestandtheilen zu erwarten sein, wir geniessen diese Stoffe vielfach erst dann, wenn wir eine gewisse Abspannung bemerken. Bei einer derartigen Versuchsanordnung hat z. B. Wilhelm Koch unter Hans Meyer's Leitung sehr eklatante Wirkungen des Coffëins gesehen — ich will nicht bestreiten, dass so vielleicht auch eine etwas stärkere Theeölwirkung nachzuweisen wäre als bisher. Wir haben allerdings auch unter diesen Umständen keine merkliche Wirkung gesehen.

Hoch anwandten, eine deutliche und unzweifelhafte Theeöl-wirkung nicht nachgewiesen ist.

Es wäre mir auch in hohem Maasse überraschend gewesen, wenn ein Körper, der in den grossen Mengen, in denen wir ihn anwandten, ohne jede manifeste gröbere Wirkung war, in sehr kleinen Mengen wichtige Einwirkungen auf unser Nervensystem entfaltet hätte.

Ich behaupte zum Schlusse durchaus nicht, die Theewirkung aus der Coffëinwirkung vollkommen erklären zu können, aber von dem »Theeöl« ist eine andere als Geschmackswirkung kaum wahrscheinlich gemacht, geschweige denn nachgewiesen.

Der Kraftverbrauch beim Radfahren.

Von

Stabsarzt Dr. **Sehrwald**
in Freiburg i. B.

(Mit 2 Tafeln.)

Die beim Radfahren erforderliche Arbeit ist nur ungenügend bekannt. Sie setzt sich der Hauptsache nach aus vier Factoren zusammen. Diese Factoren sind: Der Arbeitsaufwand

1. zur Ueberwindung der Reibung,
2. zur Ueberwindung etwaiger Steigung,
3. zur Ueberwindung der Trägheit oder des Beharrungsvermögens des Rades,
4. zur Ueberwindung des Luftwiderstandes.

Bisher ist zur Berechnung der Arbeit des Radfahrers nur der Widerstand durch die Reibung berücksichtigt worden.

I. Die Arbeit zur Ueberwindung der Reibung $= bps = \frac{1}{66} ps$.

Eine directe Bestimmung des Reibungswiderstandes beim Radfahren liegt noch nicht vor. Zur Bestimmung dieser Grösse hat man sich auf Vergleiche mit anderen, gut und leicht gebauten Fahrzeugen beschränkt. Ein solcher Vergleich kann aber nur Annäherungswerthe ergeben. Ich habe den Reibungswiderstand daher direct experimentell bestimmt.

Die Versuchsanordnung war eine sehr einfache. Das völlig frei und senkrecht stehende Rad wurde mittels einer horizontal

laufenden, dünnen und möglichst undehnbaren Schnur durch Gewichte vorwärts gezogen. Die Schnur ging zunächst über eine sehr leicht laufende, gusseiserne Rolle und dann nach abwärts. Ihr unteres, freies Ende trug eine genau gewogene Wagschale und auf ihr die ziehenden Gewichte. Die Wagschale wurde so lange mit Gewichten belastet, bis das ruhende Rad eben in ganz langsame Bewegung versetzt wurde. Das Rad wird genau so weit vorwärts gezogen, als wie das Gewicht mit der Wagschale senkrecht herabfällt. Das Gewicht multiplicirt mit der Fallhöhe gibt die Arbeit an, die für diese Fahrstrecke erforderlich ist. Da Fahrstrecke und Fallhöhe stets genau gleich sind, stellt das gefundene Gewicht auch unmittelbar die Kraft dar, die zur Leistung der Fahrarbeit auf das Rad wirken muss.

Beträgt z. B. die Gesammtlast (p) des Rades und seiner Belastung = 100 kg und wird das Rad in der Ebene durch ein Gewicht von $1\frac{1}{2}$ kg eben in Bewegung gesetzt, so ist die zur Fahrt erforderliche Kraft $1\frac{1}{2}$ kg oder $\frac{1}{66}$ von 100 kg = $\frac{1}{66}\,p$. Auf der Fahrstrecke von (s) Metern leistet diese Kraft eine Arbeit von $\frac{1}{66}\,ps$ Meterkilogramm (mkg).

Bei Versuchen auf ganz ebenem Boden ist bei langsamster Fahrt der Luftwiderstand und die Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit des Rades sehr gering und kleiner, als der durchschnittliche Versuchsfehler. Beide können daher ohne Bedenken aus der Rechnung fortgelassen werden. Die durch das Gewicht und seine Fallhöhe gemessene Arbeit ergiebt daher unmittelbar die zur Ueberwindung der Reibung nöthige Arbeit oder den Reibungswiderstand.

Diese Arbeit beträgt in obigem Beispiel $\frac{1}{66}\,ps$ Meterkilogramm. Den Bruch $\frac{1}{66}$ bezeichnet man als Reibungscoëfficient (b). Allgemein ausgedrückt verlangt daher die Reibung zu ihrer Ueberwindung beim Fahren eine Arbeit von: bps Meterkilogramm.

Zu den Versuchen wurde eine besondere Holzbahn aus glatt gehobelten und gefirnissten Dielen hergestellt von $1\frac{1}{2}$ m Breite und 5—6 m Länge. Eine solche Bahn war erforderlich um eine absolut ebene Fläche zu den Versuchen zu haben und Ver-

suchsfehler durch kleine Unebenheiten zu vermeiden und zweitens um der Bahn jede gewünschte Steigung geben zu können.

Diese Bahn ist viel glatter als jeder noch so gute Weg und bietet daher eine zu geringe Reibung im Vergleich zu den Fahrstrassen im Freien. Für die Hälfte der Versuche wurde sie deshalb mit einem groben Cocosläufer bedeckt. Hierdurch erhielt ihre Oberfläche eine Rauhigkeit, die mindestens der einer guten Chaussée entspricht, eher sogar noch etwas grösser ist. Die auf dem Cocosläufer ermittelten Werthe lassen sich somit für Fahrten auf guter Chaussée verwerthen und sind den späteren Berechnungen durchweg zu Grunde gelegt.

Da das Rad bei den Versuchen völlig frei und senkrecht stehen musste, unbeeinflusst durch irgendwelche anderen, hemmenden oder treibenden Kräfte, konnte zunächst nur ein Dreirad verwendet werden. Es wurde ein Dreirad alter Construction mit Vollreifen aus dem Jahr 1890, aber schon mit Kugellagern, von der Centaur-Cycle-Comp. gewählt. Es wog 32 kg.

Nachdem durch die Versuche mit dem Dreirad eine sichere Grundlage zur Beurtheilung anderer Versuche gewonnen war, wurde die Untersuchung auch auf das Zweirad ausgedehnt. Es gelingt auch beim Zweirad leicht, wenn man zwei intelligente Leute zur Assistenz hat, das Rad, ohne es irgendwie zu hemmen, in der senkrechten Lage zu erhalten. Die Leute treten zu beiden Seiten des Rades und legen nur eben die Spitze des Zeigefingers lose gegen den Handgriff an der Lenkstange. Sie halten also das Rad nicht direkt fest, sondern leisten erst einen Widerstand, wenn sich das Rad nach der einen oder anderen Seite zu neigen versucht. Es gelingt sehr bald auch der Vorwärtsbewegung des Rades mit dem lose angelegten Finger zu folgen, ohne irgendwie schiebend oder hemmend auf das Rad einzuwirken.

Zuerst wurde der Kraftverbrauch für das leere Rad bestimmt, dann für eine Belastung von 50, 100 und 150 Pfund. Zur Controle der erhaltenen Curven wurden auch Belastungen von 10, 20 und 30 Pfund geprüft. Diese sind aber hier nicht mit berücksichtigt worden. Zur Herstellung der Belastung wurden eiserne

Gewichte an dem Sattel befestigt. Diese haben ein so geringes Volumen, dass sie keine in Betracht kommende Vermehrung des Luftwiderstandes erzeugen. Von der Belastung durch einen Fahrer musste abgesehen werden, weil es beim Zweirad nicht möglich ist das Rad, wie oben angegeben, in der Balance zu halten, wenn ein Mensch darauf sitzt. Es muss dann das Rad energisch festgehalten werden und das macht den Versuch unmöglich.

Das Zweirad war eine der besten, modernen Constructionen von Seidel & Naumann, 37 Pfund schwer, mit Continentalpneumatik. Die meisten Versuche wurden mit gut aufgepumptem Reif angestellt, vereinzelte auch mit schlappem Reif.

Es wurden im Ganzen über 1500 Versuche ausgeführt. Für jede einzelne Versuchsanordnung wurden je zehn Einzelversuche angestellt und aus ihnen die Mittelwerthe berechnet. Nur diese Mittelwerthe sind in der Tabelle I auf Seite 357, 358 und 359 und Curve I (siehe Tafel IV) eingetragen.

Ruhen zwei Körper längere Zeit gegeneinander, so wird die Reibung zwischen ihnen grösser. Die Unebenheiten des einen Körpers pressen sich dann tiefer in die des anderen. Es war daher nöthig, die Reibung sowohl am ruhenden Rad zu bestimmen, das durch die Gewichte eben in Bewegung versetzt werden soll, wie auch die Reibung am bewegten Rad, das in langsamster Fahrt begriffen und in dieser durch den Zug der Gewichte erhalten werden soll.

In der Tabelle I gibt die Längsspalte 12 die Grösse der Reibung für die Versuche am ruhenden Rad an, Spalte 14 für das in der Fahrt begriffene Rad. Die Versuche sind bei Belastungen mit 0, 25, 50 und 75 kg angestellt, aus ihnen sind dann die Mittelwerthe berechnet und ist die erforderliche Kraft in Procenten des Gesammtgewichts ausgedrückt worden. Diese in Procenten ausgedrückte Kraft entspricht dem Reibungscoëfficienten (b) und ist für das ruhende Rad in Spalte 13, für das bewegte in Spalte 15 eingetragen.. Endlich enthält Spalte 17 die Mittelwerthe aus beiden.

(Fortsetzung des Textes auf S. 360.)

Tabelle I.

Kraftverbrauch in Kilogramm-Metern (mkg) für 1 m Weg.

A. Neues Zweirad auf glatter Holzbahn.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
					Durch den Versuch gefundener Kraftverbrauch in mkg						Betrag der Reibung in mkg				Mittelwerth in % des Gesammtgew.	
Gewicht des Rades in kg	Belastung des Rades in kg	Gesammtgewicht in kg	Steigung des Weges in Proc.	Theoret. nöthig. Kraftverbrauch f. diese Steigung in mkg	Rad a. d. Ruhe in Bewegung gesetzt	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	um d. fahrende Rad in Bewegung zu erhalten	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	aus der Ruhe	Procent des Gesammtgew. = b	in der Bewegung	Procent des Gesammtgew. = b	des Kraftverbrauchs	der Reibung = Reibungscoëfficient (b)
18,5	0	18,5	0	0	0,255	1,37	1,52	0,150	0,81	0,89	0,255	1,52	0,150	0,89	1,20	1,20
18,5	25,0	43,5	0	0	0,600	1,37		0,390	0,89		0,600		0,390			
18,5	50,0	68,5	0	0	1,245	1,81		0,620	0,90		1,245		0,620			
18,5	75,0	93,5	0	0	1,465	1,56		0,895	0,95		1,465		0,895			
18,5	0	18,5	1	0,185	0,400	2,16	2,38	0,350	1,89	2,07	0,215	1,47	0,145	1,14	2,22	1,30
18,5	25,0	43,5	1	0,435	0,935	2,17		0,850	1,95		0,500		0,415			
18,5	50,0	68,5	1	0,685	1,805	2,63		1,545	2,25		1,120		0,860			
18,5	75,0	93,5	1	0,935	2,395	2,56		2,065	2,20		1,460		1,130			
18,5	0	18,5	3	0,555	0,845	4,56	4,79	0,650	3,51	4,17	0,290	1,82	0,095	1,31	4,48	1,56
18,5	25,0	43,5	3	1,305	2,270	5,21		2,000	4,59		0,965		0,695			
18,5	50,0	68,5	3	2,055	3,030	4,42		2,820	4,11		0,975		0,765			
18,5	75,0	93,5	3	2,805	4,640	4,96		4,180	4,47		1,835		1,375			
18,5	0	18,5	7	1,295	1,775	9,59	9,53	1,460	7,89	8,48	0,480	2,47	0,165	1,59	9,00	2,03
18,5	25,0	43,5	7	3,045	4,330	9,95		3,870	8,89		1,285		0,825			
18,5	50,0	68,5	7	4,795	6,295	9,18		5,885	8,59		1,500		1,090			
18,5	75,0	93,5	7	6,545	8,795	9,40		8,020	8,57		2,250		1,475			

B. Neues Zweirad auf Kokosläufer.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
					Durch den Versuch gefundener Kraftverbrauch in mkg						Betrag der Reibung in mkg				Mittelwerth in % des Gesammtgew.	
Gewicht des Rades in kg	Belastung des Rades in kg	Gesammtgewicht in kg	Steigung des Weges in Proc.	Theoret. nöthig. Kraftverbrauch f. diese Steigung in mkg	Rad a. d. Ruhe in Bewegung gesetzt	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	um d. fahrende Rad in Bewegung zu erhalten	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	aus der Ruhe	Procent des Gesammtgew. = b	in der Bewegung	Procent des Gesammtgew. = b	des Kraftverbrauchs	der Reibung = Reibungscoëfficient (b)
18,5	0	18,5	0	0	0,405	2,18	1,88	0,171	0,92	1,15	0,405	1,88	0,171	1,15	1,52	1,52
18,5	25,0	43,5	0	0	0,990	2,27		0,540	1,24		0,990		0,540			
18,5	50,0	68,5	0	0	1,035	1,51		0,715	1,04		1,035		0,715			
18,5	75,0	93,5	0	0	1,455	1,55		1,310	1,40		1,455		1,310			
18,5	0	18,5	1	0,185	0,590	3,18	2,74	0,435	2,35	2,88	0,405	1,64	0,250	1,32	2,56	1,48
18,5	25,0	43,5	1	0,435	1,160	2,66		1,210	2,78		0,725		0,775			
18,5	50,0	68,5	1	0,685	1,795	2,62		1,495	2,18		1,110		0,810			
18,5	75,0	93,5	1	0,935	2,360	2,52		2,065	2,20		1,425		1,130			
18,5	0	18,5	3	0,555	0,930	5,02	5,22	0,740	3,94	4,73	0,375	2,30	0,185	1,91	4,97	2,10
18,5	25,0	43,5	3	1,305	2,360	5,47		2,245	5,16		1,055		0,940			
18,5	50,0	68,5	3	2,055	3,770	5,50		3,445	5,02		1,715		1,390			
18,5	75,0	93,5	3	2,805	4,795	5,12		4,480	4,79		1,990		1,675			
18,5	0	18,5	7	1,295	1,810	9,78	10,02	1,595	8,62	9,26	0,515	2,99	0,300	2,35	9,64	2,67
18,5	25,0	43,5	7	3,045	4,660	10,71		4,220	9,70		1,615		1,175			
18,5	50,0	68,5	7	4,795	6,710	9,79		6,495	9,48		1,915		1,700			
18,5	75,0	93,5	7	6,545	9,185	9,82		8,630	9,28		2,640		2,085			

C. Altes Dreirad auf glatter Holzbahn.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
					Durch den Versuch gefundener Kraftverbrauch in mkg						Betrag der Reibung in mkg				Mittelwerth in % des Gesammtgew.	
Gewicht des Rades in kg	Belastung des Rades in kg	Gesammtgewicht in kg	Steigung des Weges in Proc.	Theoret. nöthig. Kraftverbrauch f. diese Steigung in mkg	Rad a. d. Ruhe in Bewegung gesetzt	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	um d. fahrende Rad in Bewegung zu erhalten	Procent des Gesammtgewichts	Durchschnittswerth der Proc.	aus der Ruhe	Procent des Gesammtgew. = b	in der Bewegung	Procent des Gesammtgew. = b	des Kraftverbrauchs	der Reibung = Reibungscoëfficient (b)
32,0	0	32,0	0	0	0,600	1,87	2,08	0,360	1,12	1,60	0,600	2,08	0,360	1,60	1,81	1,81
32,0	25,0	57,0	0	0	1,145	2,00		0,975	1,71		1,145		0,975			
32,0	50,0	82,0	0	0	1,785	2,17		1,505	1,88		1,785		1,505			
32,0	75,0	107,0	0	0	2,225	2,08		1,870	1,74		2,225		1,870			
32,0	0	32,0	1	0,320	0,935	2,92	3,39	0,720	2,25	2,81	0,615	2,52	0,400	1,95	3,10	2,23
32,0	25,0	57,0	1	0,570	1,875	3,29		1,555	2,72		1,305		0,985			
32,0	50,0	82,0	1	0,820	2,845	3,47		2,560	3,12		2,025		1,740			
32,0	75,0	107,0	1	1,070	4,155	3,88		3,385	3,16		3,085		2,315			
32,0	0	32,0	3	0,960	1,405	4,89	5,35	1,340	4,18	5,20	0,445	2,67	0,380	2,43	5,27	2,55
32,0	25,0	57,0	3	1,710	3,095	5,43		3,035	5,32		1,385		1,325			
32,0	50,0	82,0	3	2,460	4,760	5,80		4,450	5,42		2,300		1,990			
32,0	75,0	107,0	3	3,210	6,510	6,08		6,290	5,87		3,300		3,080			
32,0	0	32,0	7	2,240	3,500	10,94	10,56	3,140	9,81	9,29	1,260	3,53	0,900	2,79	9,92	3,16
32,0	25,0	57,0	7	3,990	5,910	10,37		5,615	9,85		1,920		1,625			
32,0	50,0	82,0	7	5,740	8,290	10,11		7,960	9,70		2,550		2,220			
32,0	75,0	107,0	7	7,490	11,585	10,82		10,510	9,82		4,095		3,020			

Die bei 0 % Steigung, also in der Ebene, angestellten Versuche ergeben direct die Grösse der Reibung. Auf der glatten Holzbahn ist sie für das alte Dreirad im Mittel 1 8/10 % des Gesammtgewichts (p) oder 1/55 p; für das moderne Zweirad 1 2/10 % oder 1/88 p. Auf dem Cocosläufer und somit auf guter Chaussée ergab das Zweirad einen Reibungscoëfficienten von 1 5/10 % oder 1/66 p. Das ist um 0,3 % mehr als auf den glatten Dielen. In der Folge soll für das Zweirad und gute Strasse als Reibungscoëfficient stets 1/66 gesetzt werden. Dieser Coëfficient ist eher noch etwas zu gross, da er das Mittel aus der Reibung für das ruhende und bewegte Rad darstellt, während bei der Fahrt fast nur die Reibung am bewegten Rad, die nur 1/87 p beträgt, in Betracht kommt. Immerhin ist es aber besser für die Beurtheilung der Fahrleistung den Kraftverbrauch eher etwas zu über-, als zu unterschätzen. Zudem fällt die Reibung bei schlechterer Beschaffenheit des Weges so wie so grösser aus.

Auf einem Boden, der mit ziemlich stark ausgetretenen Sandsteinplatten belegt war, ergaben die Versuche eine doppelt so grosse Reibung, wie auf dem Cocosläufer. Für die Grösse der Reibung war es einerlei, ob der pneumatische Gummireif prall aufgepumpt oder schlapp war. Es erklärt sich das aus den allgemeinen Gesetzen über die Reibung. Nach diesen ist die Reibung abhängig von dem Druck, hier also dem Gewicht, dem Stoff und der Oberflächenbeschaffenheit der reibenden Körper, hingegen unabhängig von der Grösse der Berührungsfläche der reibenden Körper. Der breiter dem Boden aufliegende, schlappe Reif kann daher bei gleicher Gesammtlast, rein physikalisch, gar keine grössere Reibung ergeben, wie der pralle Reif, der nur mit einem schmalen Streifen den Boden berührt. Auch der schmale Vollreif des alten Rades bedingt nur die gleiche Reibung zwischen seinem Gummi und dem Boden, wie der breite, pneumatische Reif. Wenn trotzdem für das alte Dreirad mit Vollreifen die Reibung grösser ausfiel, als für das Zweirad, so liegt dies, abgesehen von dem höheren Gesammtgewicht, vorwiegend an der übrigen Construction. Ferner muss auch die

Reibung zwischen Rad und Boden die gleiche bleiben, ob ein gleichschweres Rad mit zwei oder drei Rädern am Boden auf steht.

Der Reibungscoëfficient (b) ist bei jeder Belastung des Rades der gleiche = $^1/_{66}$. Die Reibung wächst daher genau proportional der Gesamtlast des Rades, entsprechend dem physikalischen Gesetz, dass die Reibung dem Druck entspricht. Dies ergibt sich auch aus der Curve. Die untersten Curvenlinien enthalten hier die erforderliche Arbeit bei einer Belastung von 0—150 Pfund in der Ebene (0 % Steigung). Sie verlaufen im Ganzen geradlinig. Die kleinen Abweichungen von der Geraden zeigen, wie schon geringe, zufällige Unebenheiten die Reibung zu ändern vermögen.

Für ein grosses Rad ist die Reibung auf dem gleichen Boden geringer, als für ein kleines Rad, nach dem Gesetz, dass bei rollender Reibung der Reibungswiderstand umgekehrt proportional dem Radius des rollenden Cylinders ist. Das grosse Rad geht leicht über ein Steinchen hinweg, das das kleine Rad schon merklich aufhält. Die geringere Reibung war ein Vortheil des alten Hochrades. Ein zweiter Vortheil bestand noch in seiner grösseren Stabilität. Ein grosses Rad beharrt bei gleich schneller Bewegung viel energischer in seiner Drehungsebene, als ein kleines Rad.

Die Reibung ist unabhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung. Bei schneller oder langsamer Fahrt ist daher auf die gleiche Fahrstrecke stets die gleiche Reibung zu überwinden.

Für einen Lastwagen auf guter, ebener Chaussée beträgt der Reibungscoëfficient $^1/_{20}$—$^1/_{30}$. Er ist beim Zweirad somit um mehr als die Hälfte kleiner. Der Vortheil des Zweirades beruht darin, dass bei ihm überhaupt nur noch rollende Reibung bei der Fortbewegung in Betracht kommt, die rollende Reibung aber stets sehr viel geringer, als die gleitende Reibung, ist. Der Lastwagen hat nur zwischen seinen Rädern und dem Boden rollende Reibung, hingegen wirkt auf seine Achsen, da sie in festen Achsenlagern laufen, die gleitende Reibung. Bei den

modernen Fahrrädern sind die Achsen in einen Kranz kleiner Stahlkugeln gelagert, den sog. Kugellagern. Es findet also auch zwischen den Achsen und ihren Lagern hier rollende Reibung statt. Ein Eisenbahnwagen auf glatten Eisenschienen hat nur einen Reibungscoëfficienten von $^1/_{200}$, noch geringer würde dementsprechend die Reibung eines Zweirades auf ähnlicher Unterlage, z. B. auf einer glatten Eisfläche, sein.

Die Physik lehrt noch andere Methoden die Grösse der Reibung zwischen zwei Körpern zu bestimmen. Man legt den einen Körper auf eine schiefe Ebene aus dem zweiten Stoff und erhöht so lange die Neigung der schiefen Ebene, bis der Körper eben ins Gleiten geräth oder eben noch am Gleiten verhindert wird. Die Componente der Schwerkraft, die den Körper in der Richtung der schiefen Ebene nach abwärts zu ziehen sucht, ist dann gleich der den Körper zurückhaltenden Kraft der Reibung. Das Verhältnis dieser Componente zu dem Druck, den der Körper senkrecht zu der schiefen Ebene ausübt, ist der Reibungscoëfficient. Dieses Verhältnis ist das gleiche, wie zwischen der Höhe und der Basis der schiefen Ebene, und entspricht der Tangente des Neigungswinkels (s). Es ist somit $b = tang \cdot s$.

Directe Versuche sind mit dem Rad nach dieser Methode noch nicht angestellt. Benno Lewy (Deutsch. Med. Wochenschrift 1896, Nr. 15 Ver. Beil. S. 70) benutzt zur Berechnung den Vergleich mit leicht gebauten Wagen auf guter Chaussée. Ein Wagen vom gleichen Gewicht, wie das Zweirad, kommt bei einer Neigung der Strasse von 1 : 30 bis 1 : 40 von selbst ins Rollen. Für das Fahrrad mit bloss zwei Rädern setzt Lewy den Reibungswiderstand noch etwas geringer und findet für ein Rad von 20 kg und einen Fahrer von 60 kg für den Kilometer einen Arbeitsverbrauch von 1900—2200 mkg. Das entspricht einem Reibungscoëfficienten von $^1/_{42}$ — $^1/_{36}$. Während hier die Reibung etwas grösser, als bei unseren directen Versuchen, gefunden wurde, erhielt John Macneill (M. J. Macquorn Rankine: Théorie du vélocipède. Paris 1870. S. 25) bei ganz analogen Versuchen mit gutgebauten, leichten Wagen je nach der Beschaffenheit des Weges einen Reibungscoëfficienten von

0,015—0,03. Für beste Strassen stimmt somit sein Werth 0,015 = 1,5 % = $^1/_{66}$ absolut mit unserem Coëfficienten auf dem Cocosläufer überein. Für schlechte Strassen findet er 3 % = $^1/_{33}$. Macquorn Rankine nimmt aus diesen Zahlen als Durchschnittswerth $^1/_{50}$ an und drückt für die Fahrt in der Ebene die erforderliche Arbeit folgendermaassen aus: »Um eine Strecke in der Ebene zu fahren ist die gleiche Kraft nöthig, als wenn der Fahrer das Gesammtgewicht von Rad und Fahrer um den fünfzigsten Theil dieser Strecke senkrecht emporheben würde.« Es ist nöthig darauf hinzuweisen, dass diese Bestimmung nur für die langsamste Fahrt in der Ebene annähernd richtig sein würde.

Giebt man der schiefen Ebene eine solche Neigung, dass der herabgleitende Körper durch die Grösse der Neigung in gleichförmiger Bewegung erhalten wird, so wird der Körper in seiner Bewegung weder verzögert, noch beschleunigt und bewegt sich wie im reibungslosen Raum. Die Reibung wird dann durch die Neigung der Ebene völlig paralysirt und die Tangente des Neigungswinkels entspricht gleichfalls dem Reibungscoëfficienten. Diese Methode ist noch nicht verwendet worden.

Versetzt man ein Rad auf völlig ebenem Boden in schnelle Fahrt und überlässt man es an einem bestimmten Punkt sich selbst, so wird das Rad allmählich langsamer und langsamer rollen, bis es zum Stillstand kommt und umstürzt, weil hierbei die lebendige Kraft des Rades durch die zu überwindenden Widerstände, vor allem durch die Reibung, allmählich aufgezehrt wird. Besass das Rad im Moment, da es sich selbst überlassen wurde, eine lebendige Kraft von z. B. 45 mkg und rollte es allein noch 30 m weit, so werden pro Meter 1,5 mkg durch die Reibung vernichtet, oder wenn Rad plus Fahrer 100 kg wogen, 1,5 % = $^1/_{66}$. Die Bestimmung des Reibungscoefficienten auf diesem Weg bietet grosse Unsicherheiten, einmal ist es schwer möglich, die Fahrgeschwindigkeit und damit die lebendige Kraft in dem Moment genau zu bestimmen, in dem das Rad sich selbst überlassen wird. Zweitens stürzt das Rad schon um, so lange es noch eine gewisse Geschwindigkeit besitzt, und drittens ist es kaum möglich, die erforderliche, lange Versuchsstrecke absolut

eben herzustellen. Die wenigen nach diesem Princip angestellten Versuche haben daher auch noch keine Veröffentlichung erfahren.

Stellt man das Pedal des Rades genau horizontal und belastet es mit einem so grossen Gewicht, dass es eben bis zu seinem tiefsten Punkt herabgedrückt wird, so beschreibt das Pedal einen Viertelkreis, zugleich sinkt das Gewicht um die Länge der Pedalstange, oder um den Halbmesser des vom Pedal beschriebenen Kreises herab. Ist die Pedalstange (c) = 16 cm lang und wog das erforderliche Gewicht $10^1/_3$ kg, so hat das sinkende Gewicht eine Arbeit von 1,648 mkg geleistet und das Rad um 1,1 m vorwärts getrieben, wenn eine ganze Pedalumdrehung das Rad 4,4 m vorwärts rollt. Für 1 m Fahrt wäre somit etwa 1,5 mkg oder bei einem Gesammtgewicht (p) von Rad plus Fahrer von 100 kg = $^1/_{66}\ p$ erforderlich. Diese Methode ist praktisch schwer mit hinlänglicher Genauigkeit ausführbar und daher noch nicht zur Messung der Reibung angewandt worden.

Belastet man das horizontal stehende Pedal nur so stark, dass es eben eine Spur nach abwärts bewegt wird, so wirkt das Gewicht jetzt senkrecht zur Pedalstange und benutzt deren volle Länge als Hebelarm. Tritt das Pedal tiefer, so wird der wirksame Hebelarm für das Gewicht immer kürzer, bis der Hebelarm bei tiefstem Pedalstand oder im todten Punkt gleich 0 wird. Je tiefer das Pedal tritt, eine um so grössere Kraft ist deshalb erforderlich, es weiter zu drehen. Die Kraft ist am geringsten bei horizontalem Pedalstand, wenn das Gewicht senkrecht zur Pedalstange und tangential zum Pedalkreis einwirkt. Bei tiefstem Pedalstand würde die Kraft zum Weiterbewegen des Pedals unendlich gross werden müssen.

Würde das horizontal stehende Pedal durch 6,6 kg eben etwas nach abwärts bewegt werden und würde das Gewicht während des ganzen Pedalumlaufes in tangentialer Richtung zum Pedalkreis weiter wirken, so erfordert eine Pedalumdrehung 6,6 kg mal dem Umfang des Pedalkreises oder $6{,}6 \times (2 \times 0{,}16 \times 3{,}14) = 6{,}6$ mkg Arbeit. Auf diese Weise lässt sich das

Minimum der erforderlichen Arbeit ermitteln für den Fall, dass der Fahrer mit der Kraft seiner Beine dauernd senkrecht zur Pedalstange oder tangential zum Pedalkreis einwirkt.

In der That ist das bei langsamer und bei sehr anstrengender Fahrt, zumal bergauf, auch der Fall. Während der beiden horizontalen Quadranten des Pedalumlaufes wirkt das Bein durch den senkrecht von oben nach unten gerichteten Druck ohne weiteres tangential ein. Das geschieht aber auch in den 2 übrigen Quadranten. Für den oberen Quadranten wird die Fussspitze stark erhoben, die Fusssohle fast nach vorn gekehrt und das Pedale gerade nach vorwärts gestossen, also gleichfalls in tangentialer Richtung. Für den unteren Quadranten wird die Fussspitze gesenkt, die Sohle nach rückwärts gerichtet und das Pedal tangential nach rückwärts getreten. Wo es auf möglichste Kraftausnützung ankommt, wirkt somit der Fahrer unbewusst schon stets in der günstigsten, tangentialen Richtung auf die Pedale.

Bei weniger anstrengender Fahrt scheint der Fahrer zunächst diesen Vortheil zu vernachlässigen, da er auch im oberen und unteren Quadranten die Füsse horizontal gestellt lässt. Trotzdem wirkt er auch jetzt noch tangential ein. Die rauhe Schuhsohle haftet fest an dem gerippten Gummi der Pedale. Der horizontal gehaltene und horizontal vorwärts geschobene Fuss reisst daher im oberen Quadranten durch reine Adhäsion das Pedal tangential mit vorwärts und ganz analog im unteren Quadranten mit rückwärts. Wird die Umdrehung des Pedals aber so schwierig, dass die Adhäsion nicht mehr ausreicht, das Pedal mitzunehmen, so muss dann für den oberen und unteren Quadranten die Fusssohle mehr vertikal gestellt werden. Auch diese Methode hat bei der Bestimmung des Reibungswiderstandes noch keine Verwendung gefunden.

Durch die Befestigung des Sattels ziemlich weit hinter der Triebachse des Pedals ist es vermieden, dass der Fuss sich bei anstrengender Fahrt zu stark beugen und strecken muss.

Bei gewöhnlicher Fahrt wirkt jeder Fuss nur während einer Hälfte des Pedalumlaufs tangential auf sein Pedal ein. Bei Rennfahrten gestaltet sich das noch günstiger. Hier treibt jeder

Fuss während voller drei Viertel eines Pedalumlaufs das Pedal tangential an. Marrey (le Vélo, Vol. IV, Nr. 1124, 29. XII. 1895) hat auf Grund von Laboratoriumsversuchen die Ansicht ausgesprochen, der Fahrer vernichte stets die Hälfte der von dem einen Bein geleisteten Arbeit wieder durch das andere Bein, das von dem aufsteigenden Pedal passiv mit gehoben werden müsste. Der in die Höhe steigende Fuss werde stets fest gegen sein Pedal gedrückt, damit der Fuss das Pedal nicht verliere. Die Fusshalter an den Rennrädern hätten den Zweck, die Fussspitzen fest zu halten und dadurch das befürchtete Verlieren der Pedale zu verhindern. Da nun der Fuss nicht mehr so fest gegen das Pedal gedrückt zu werden brauchte, um das Verlieren zu verhindern, wirkten sie kraftsparend.

Diese Auffassung mag in einzelnen Fällen für Anfänger zutreffen. Der Geübte verfährt nicht so unökonomisch, die Hälfte der geleisteten Arbeit sich stets selbst wieder zu vernichten. Auch würden dann die Fusshalter gerade für die Räder der Anfänger und nicht für die geübten Rennfahrer, die wohl kaum noch die Pedale verlieren, erforderlich sein.

Thatsächlich haben die Fusshalter einen anderen und viel wichtigeren Zweck. Der Radfahrer nutzt in jedem Zeitmoment nur die Kraft eines Beines aus. Dem Rennfahrer liegt an möglichster Kraftentfaltung und an gleichzeitiger Ausnutzung beider Beine. Zum Theil wenigstens kann er dies durch die Fusshalter erreichen. Während das eine Bein sein Pedal herabtritt, reisst das zweite Bein mit Hilfe seiner Fusshalter das andere Pedal empor. Das ist allerdings nur im hinteren oberen Quadranten möglich. Da die Kraft aber dabei auch tangential wirkt, treibt jetzt jedes Bein wenigstens während dreier Viertel einer Gesammtumdrehung sein Pedal vorwärts. Der Rennfahrer lässt also das emporsteigende Bein nicht nur nicht passiv heben, sondern sehr kräftig activ mit arbeiten.

Nur wenn der Fuss mit seiner Spitze das Pedal berührt, ist er beweglich und geschmeidig genug, sich stets so zu stellen, dass er tangential einwirkt. Wird das Pedal mit dem Mittelfuss oder gar mit der Ferse getreten, so kann das Pedal nur senk-

recht von oben nach unten getreten werden. Je vertikaler die Stellung der Pedalstange wird, um so grössere Kraft erfordert der Antrieb der Pedale, und daraus erklärt sich, warum das Fahren mit dem Mittelfuss oder der Ferse so anstrengend ist und so schnell ermüdet.

Die zur Ueberwindung der Reibung aufgebrauchte Arbeit ist für den Fahrer endgültig verloren. Sie wird vorwiegend in Wärme verwandelt und trägt zur mechanischen Abnützung des Rades bei.

II. Die Arbeit zur Ueberwindung der Steigung des Weges

$$= xips = \frac{x}{88} ps.$$

Steigt die Fahrstrasse um 1 % an, so muss die Gesammtlast des Rades auf der Strecke von 1 m um $^1/_{100} \cdot 1$ m senkrecht emporgehoben werden, auf der Strecke von (s) Metern um $^1/_{100} \cdot s$ Meter. Beträgt die Gesammtlast von Rad plus Fahrer p kg so ist für die Strecke (s) zur Ueberwindung der Steigung somit eine Mehrarbeit von $^1/_{100} \cdot sp$ mkg erforderlich, bei einer Steigung von x % aber $x \cdot {}^1/_{100} \cdot ps$ mkg. Den Bruch $^1/_{100}$ für 1 proc. Steigung bezeichnet man als Steigungscoëfficienten (i). Der allgemeine Ausdruck für die Mehrarbeit bei Steigungen ist daher $xips$ mkg.

Ich habe die Arbeit beim Berganfahren für eine Steigung von 1 %, 2 %, 3 % und 7 % in sehr zahlreichen Versuchen bestimmt, die in Tabelle I aufgeführt sind. Die Längsspalte 16 enthält die Mittelwerthe der erforderlichen Arbeit. Diese Arbeit setzt sich zusammen aus der zur Ueberwindung der Reibung und der zur Bewältigung der Steigung. Spalte 5 enthält die Arbeitsmenge, die nach der theoretischen Berechnung für die Steigung allein erforderlich ist. Zieht man diese Arbeit von der Gesammtarbeit ab, so muss die Arbeit für die Reibung allein übrig bleiben. Ihr Betrag ist in Spalte 17 aufgeführt.

Es zeigt sich nun bei den Versuchen, dass die Reibung beim Berganfahren, wenn man von einzelnen, unvermeidlichen

Versuchsschwankungen absieht, durchweg grösser ausfiel, als die Reibung in der Ebene. Infolgedessen ist nicht nur die theoretisch berechnete Mehrarbeit von $x \cdot {}^1/_{100} \cdot ps$ mkg bergauf nöthig, sondern noch etwas mehr Arbeit. Dieses Plus beträgt im Durchschnitt nach Ausgleich leichter Versuchsdifferenzen etwa $^1/_8$ %. Es muss auf Grund der experimentellen Ergebnisse daher der Steigungscoëfficient (i) nicht $= {}^1/_{100}$, sondern $^1/_{100} + \frac{^1/_8}{100} = 1\,^1/_8$ % oder $i = {}^1/_{88}$ gesetzt werden.

Die Steigung erfordert somit eine Mehrarbeit von $xips = \frac{x}{88} ps$ mkg.

Wiegt Rad plus Fahrer 100 kg, so müssen zu der Arbeit, die für 1 km in der Ebene erforderlich ist, bei einer Steigung des Weges von 1 % noch $xips = 1 \cdot {}^1/_{88} \cdot 100 \cdot 1000$ mkg $= 1125$ mkg hinzugezählt werden, bei 7 % Steigung $7 \cdot 1125 = 7875$ mkg. Am Schluss der Arbeit ist ein Schema über den Arbeitsverbrauch beim Radfahren angefügt. In dem grossen Hauptcarrée enthält dieses Schema die für 1 km in der Ebene erforderliche Arbeit bei verschiedener Fahrgeschwindigkeit und verschiedener Geschwindigkeit des Gegenwindes. In der Längsspalte rechts sind ausserdem für die Steigungen des Weges von 1—10 % die Werthe ausgeworfen, die für jeden Kilometer beim Berganfahren zu der Arbeit in der Ebene noch hinzuzufügen sind.

Aus diesen Werthen ersieht man, dass schon eine Steigung von 1 % die bei langsamster Fahrt in der Ebene erforderliche Arbeit verdoppelt, eine Steigung von 10% mehr als verachtfacht. Hiermit steht die Erfahrung in Einklang, dass das Berganfahren so ausserordentlich anstrengen kann. Es empfiehlt sich daher immer bei stärkerer Steigung das Rad zu schieben und den beim Fahren hauptsächlich angestrengten Muskeln so lange eine Erholung zu gönnen.

Gleich der Arbeit für die Reibung bleibt natürlich auch die durch die Steigung bedingte Arbeit die gleiche, ob schnell oder langsam gefahren wird. Trotzdem glauben viele Fahrer, dass bei schnellem Fahren das Nehmen einer Höhe weniger anstrenge,

als bei langsamer Fahrt. Absolut genommen ist das selbstverständlich eine Täuschung, relativ betrachtet lässt sich diese Täuschung aber leicht erklären.

Nach dem Schema am Schluss braucht ein Fahrer in der Ebene für 1 km nur 1562 mkg, wenn er 1 m schnell fährt. Fährt er aber 12 m in der Sekunde, so braucht er für den gleichen Kilometer 10500 mkg. Erfährt jetzt der Weg eine Steigung von 5 %, so wird für jeden der beiden Fahrer eine Mehrarbeit von 5625 mkg verlangt. Der langsame Fahrer braucht für den Kilometer jetzt 7187 mkg, also fast das 5fache, wie in der Ebene, und ihm erscheint der Arbeitszuwachs durch die Steigung ein ganz ungeheuerer. Für den Rennfahrer mit 10500 mkg, erhöht sich durch das Plus von 5625 mkg infolge der Steigung die Arbeit nur um die Hälfte. Er merkt daher den Arbeitszuwachs relativ sehr viel weniger. Für den langsam fahrenden Anfänger ist sein Rad daher eine sehr empfindliche Nivellirwage. Da mit dem Dreirad nur sehr viel geringere Fahrgeschwindigkeiten möglich sind, werden für den Dreiradfahrer auch die Höhen relativ viel anstrengender, als für den Fahrer auf dem Zweirad. Und dies erklärt auch, warum gerade das Dreirad nicht selten bei der Fahrt bergan zu so schweren Schädigungen des Herzens und selbst zu plötzlichen Todesfällen die Veranlassung gibt.

Es empfiehlt sich stets bergauf langsam zu fahren. Etwas anderes ist es, wenn man in der Ebene bis an den Fuss der Anhöhe einen kräftigen Anlauf nimmt. Man speichert dadurch eine gewisse Menge lebendiger Kraft in dem Rade auf, die beim Verlangsamen des Fahrtempos bergan zum Nehmen der Höhe mit zur Verwendung kommt.

Welche Steigung sich ein Fahrer noch zumuthen darf und welches Tempo er bei einer bestimmten Steigung einhalten muss, um sich nicht zu überanstrengen, kann er aus dem Schema am Schluss leicht ersehen. Vermag er in der Ebene längere Zeit ohne Beschwerde noch ein Fahrtempo von 6 m in der Sekunde einzuhalten, so ergibt das Schema A, dass er pro Kilometer 3750 mkg längere Zeit aufzubringen vermag. Die Zahlen für die Steigung sagen ihm, dass eine Steigung von 4 %, die allein

schon ein Plus von 4500 mkg pro Kilometer erfordert, für ihn nicht mehr bezwingbar ist. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m, die für die Reibung allein 1562 mkg pro Kilometer verlangt, bleibt ihm für die Steigung noch ein Arbeitsvorrath von 2118 mkg. Mit diesen kann er nur knapp noch 2 % Steigung bewältigen. Bei einem Tempo von 4 m, das in der Ebene 2500 mkg beansprucht, bleiben ihm 1250 mkg. Diese genügen aber nur für eine Steigung von 1 % und wenig mehr.

Selbst die Strassenprofilkarten genügen meist nicht zur hinlänglich genauen Feststellung der Wegesteigung. Einen stets sicheren Aufschluss gibt der Steigungsmesser, das Declivometer, das sehr einfach und billig ist und aus einem kleinen, schweren Pendel besteht, das über einem graduirten Kreisbogen schwingt. Das einfachste und sicherste Mittel zur Vermeidung von Ueberanstrengungen bleibt aber natürlich, die Fahrt zu unterbrechen, sobald sich irgendwelche Störungen von Seiten des Herzens, der Lungen oder anderer Organe einstellen.

Die zur Ueberwindung der Steigung geleistete Arbeit ist dem Fahrer nicht verloren. Sie wird als potentielle Energie im Rad aufgespeichert, ähnlich wie die elektrische Energie in einem Akkumulator, und kommt bei der Fahrt bergab in vollem Umfang wieder zur Ausnützung. Wiegt der Fahrer mit seinem Rad $p = 100$ kg und hat er auf einem Weg von 10 km und 2 % Steigung diese Last auf die Höhe von 200 m gehoben, so hat er für die Steigung allein eine Arbeit von $xips = 2 \cdot {}^1/_{88} \cdot 100 \cdot 10000$ mkg $= 22726$ mkg verbraucht. Diese gleiche Arbeit steht ihm bergab als Triebkraft zur Verfügung. Setzt man den Steigungscoëfficienten bergauf $+i$, so ist er bergab $-i$ und die treibende Kraft bei bekannter Wegstrecke $= - xips$.

Ist die Wegstrecke unbekannt, weiss der Fahrer aber, wie hoch er sich über der Ebene befindet, und bezeichnet man diese Höhe mit h, so verfügt er rein theoretisch zur Thalfahrt bis hinab in die Ebene über eine Triebkraft von ph.

Meist nutzt der Fahrer allerdings diese Triebkraft nicht voll aus und vernichtet durch Bremsen oft einen nicht unbeträchtlichen Theil derselben.

Für die Fahrt bergauf haben wir somit bis jetzt als Gesammtarbeit ermittelt:

$$bps + xips = {}^1\!/_{66}\; ps + \frac{x}{88} ps = \left({}^1\!/_{66} + \frac{x}{88}\right) ps.$$

und für die Fahrt bergunter:

$$bps - xips = {}^1\!/_{66}\; ps - \frac{x}{88} ps = \left({}^1\!/_{66} - \frac{x}{88}\right) ps.$$

oder allgemein ausgedrückt: $(b \pm xi) \cdot ps$ mkg.

III. Die Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit oder des Beharrungsvermögens des Rades $= \frac{pv^2}{2g} = \frac{pv^2}{2 \cdot 10}$.

Um einen ruhenden Körper in Bewegung zu versetzen und ihm eine gewisse Geschwindigkeit v zu ertheilen, muss eine bestimmte Arbeit aufgewandt werden. Diese Arbeit wird als lebendige Kraft in dem Körper aufgespeichert. Infolge dieser lebendigen Kraft würde sich der Körper dann im reibungslosen Raum mit unveränderter Geschwindigkeit endlos weiter bewegen. Wirkt Reibung verzögernd auf ihn ein, so ist zur Erhaltung seiner Geschwindigkeit nur so viel Arbeit nöthig, als die Ueberwindung der Reibung eben erfordert.

Wie ein Eisenbahnwagen auf seinen Schienen anfangs eine grosse Arbeit erfordert, um ihn in Bewegung zu setzen, dann aber leicht von einem einzigen Mann weiter geschoben werden kann, so muss auch das Fahrrad beim Beginn der Fahrt und bei jeder Beschleunigung des Fahrtempos durch eine gewisse Kraft erst in die gewollte Geschwindigkeit versetzt werden.

Ein bewegter Körper hat eine lebendige Kraft, die von der Masse m des Körpers und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit v^2 abhängig ist und sich nach der Formel $\frac{m v^2}{2}$ berechnet. Die gleiche Arbeit $\frac{m v^2}{2}$ muss auch aufgewendet werden, um dem ruhenden Körper die Geschwindigkeit v zu ertheilen oder, wie man

sagt, die Trägheit oder das Beharrungsvermögen des Körpers zu überwinden.

Meist ist, wie beim Rad, nicht die Masse m, sondern nur das Gewicht p bekannt. Da das Gewicht nichts Anderes ist, als das Product aus der Masse m und der Beschleunigung durch die Schwerkraft g, $p = mg$, so kann man für m auch p/g setzen und die Formel für den praktischen Gebrauch $= \frac{pv^2}{2g}$ schreiben, g sei abgerundet $=$ 10 m gesetzt.

Wiegt der Fahrer sammt Rad $p = 100$ kg und besitzt das Rad eine Geschwindigkeit $v = 4$ m, so hat es eine lebendige Kraft von $\frac{100 \cdot 4^2}{2 \cdot 10} = 80$ mkg. Der Fahrer muss beim Beginn der Fahrt diese 80 mkg erst aufwenden, um dem Rad die Geschwindigkeit von 4 m zu ertheilen und dadurch die Trägheit des Rades zu überwinden. Diese Arbeit ist dem Fahrer nicht verloren, sie ist im Rad aufgespeichert und rollt am Schluss der Fahrt, wenn der Fahrer aufhört zu treten, das Rad noch ein entsprechendes Stück weiter, wenn sie nicht durch Bremsen vernichtet oder durch Abspringen mitten in der Fahrt geopfert wird.

Diese Arbeit wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Sie ist bei einer 4mal schnelleren Fahrt daher nicht 4, sondern $4^2 = 16$mal grösser. Bei schnellster Fahrt von 17 m ist sie sogar 289mal grösser, als bei der langsamsten Fahrt von 1 m. Die Fahrgeschwindigkeit übt also schon hierbei einen bedeutenden Einfluss auf den Arbeitsaufwand. Gleich der Fahrgeschwindigkeit ist aber bisher von den Autoren auch das Beharrungsvermögen des Rades für die Berechnung der Fahrarbeit nicht mit berücksichtigt worden.

In dem Schema am Schluss habe ich die Arbeit, die bei den verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten im Beginn der Fahrt zur Ueberwindung der Trägheit erfordert wird, unterhalb der Hauptrubrik in einer Querspalte unter der Bezeichnung: »Hierzu kommen für den ersten Kilometer noch« aufgeführt.

Für die Fahrgeschwindigkeit v verlangt die Ueberwindung der Trägheit die Arbeit $\frac{p v^2}{2 g}$. Erfährt die Geschwindigkeit v eine Beschleunigung a, so ist die neue Endgeschwindigkeit $v' = (v + a)$ und die Arbeit

$$\frac{p\,(v + a)^2}{2 g} = \frac{p\,(v^2 + 2 v a + a^2)}{2 g}.$$

Durch die Beschleunigung a wächst also die Arbeit für die Trägheit nicht nur um $\frac{p a^2}{2 g}$, sondern um $\frac{p(a^2 + 2 a v)}{2 g}$. Bei einer Beschleunigung a um 3 m (von 4 auf 7 m) ist also diese Arbeit nicht

$$(v^2 + a^2)\frac{p}{2g} = (4^2 + 3^2)\frac{100}{2 \cdot 10} = 125 \text{ mkg},$$

sondern, da die schliessliche Geschwindigkeit von 7 m insgesammt die Arbeit $\frac{100 \cdot 7^2}{2 \cdot 10} = 245$ mkg verlangt, um 120 mkg mehr, da $\frac{2 v a \cdot p}{2 g} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 120$ ist.

Bei einer Verlangsamung der Fahrt von $v + a$ auf v, wird entsprechend $\frac{p\,(2 v a + a^2)}{2 g}$ als Triebkraft wieder gewonnen.

Diese Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit kann für schnellste Fahrt fast soviel ausmachen, wie die für 1 km durch die Reibung erforderte Arbeit. Bei kurzen Wettfahrten fällt sie daher sehr in's Gewicht und ist auch von der Rennpraxis berücksichtigt worden. Ist das Rad am Anfangspunkt einer Wettfahrt, dem Start, in Ruhe, und muss im Beginn des Rennens daher erst die volle Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit aufgewandt werden, so spricht man von stehendem Start. Ist das Rad am Start schon in voller Fahrt, so spricht man von fliegendem Start. Bei diesem braucht die Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit während des eigentlichen Rennens nicht erst noch aufgebracht zu werden. Der fliegende Start befindet sich im Vortheil und seine besten Leistungen oder Recorde übertreffen daher auch die des stehenden Starts.

Misst man die Recorde nicht, wie allerdings allgemein üblich, nach den Recordzeiten, wobei die schnellste Fahrt als die beste erklärt wird, sondern nach der grössten Kraftentfaltung, so kann eine langsamere Fahrt aus stehendem Start doch eine bedeutendere Leistung darstellen, als eine schnellere Fahrt bei fliegendem Start.

Die neuesten Recorde in der Bahn ohne Schrittmacher betragen für 1 km bei fliegendem Start = 1 Min. 15 4/5 Sec. = 75,8 Sec.; bei stehendem Start 1 Min. 16 3/5 Sec. = 76,6 Sec. Der Record bei fliegendem Start ist also um 0,8 Sec. besser. Er erfordert eine Arbeit von 6920,2 mkg. Der Record bei stehendem Start hingegen hat für die blosse Fahrt 6821,9 mkg, dagegen aber noch im Anfang zur Ueberwindung der Trägheit 851,5 mkg aufzubringen, in Summa also 7673,4 mkg. Bei fliegendem Start werden in 1 Sec. 91,2 mkg = 1,21 HP., bei stehendem aber 100,1 mkg = 1,33 HP. geleistet. Die Leistung bei stehendem Start ist also, als reine Kraftentfaltung betrachtet, eine wesentlich bessere, als die bei fliegendem Start, obgleich bei der üblichen Rechnung nach Fahrzeiten der fliegende Start als der bessere gelten würde. Rationeller würde jedenfalls die Berechnung nach der in der Zeiteinheit geleisteten Arbeit oder nach Pferdekräften (HP.) sein.

Bei gewöhnlicher, nicht anstrengender Fahrt wirkt der Fahrer in der Regel nicht während des ganzen Pedalumlaufes antreibend auf das Pedal ein, sondern nur so lange das Pedal den vorderen, horizontalen Quadranten passirt und der Fahrer das Pedal nur einfach um 1/4 Kreis senkrecht herabzutreten braucht. In dieser Zeit wird aber dem Pedal eine erhöhte Kraft und Geschwindigkeit ertheilt, so dass es durch den nächsten Quadranten allein weiterrollt, indem es die lebendige Kraft wieder aufzehrt, die es durch die stärkere Beschleunigung im horizontalen Quadranten erhalten hatte. Indem beide Pedale in dieser Weise abwechselnd stärker angetrieben werden, nimmt die Fahrgeschwindigkeit einen rhythmisch auf- und abschwankenden Charakter an, es wechselt dauernd Beschleunigung und Aufspeicherung lebendiger Kraft mit Verlangsamung und Wiederverbrauch der lebendigen Kraft.

Die Gesammtarbeit für die Fahrt bleibt dabei natürlich die gleiche, nur wird sie in der Hälfte der Zeit aufgebracht, wie bei dauerndem Antrieb, während die Beine in der anderen Hälfte der Zeit in ihrer Thätigkeit pausiren. Trotz der Gleichheit des Arbeitsquantums ist diese unterbrochene Art des Tretens für den Fahrer ungünstiger, als das dauernde Treten. Wendet der Fahrer bei ununterbrochenem Treten z. B. 1 Min. lang ½ Pferdekraft auf, so leistet er bei intermittirendem Treten ½ Min. lang eine ganze Pferdekraft. Liegt nun diese doppelt so hohe Anstrengung nahe der Grenze der Leistungsfähigkeit der Muskulatur, so kann trotz der häufigen Pausen für die Muskeln doch viel leichter eine Ueberanstrengung hervorgerufen werden.

Bei sehr anstrengender Fahrt, zumal bergan, ist dies intermittirende Treten nicht möglich. Hier reicht die Kraft in jedem Quadranten nur eben aus, die Pedale gerade nach vorwärts zu treten. Zu einer vorübergehenden Beschleunigung und Kraftaufspeicherung reicht die Energie der Muskeln nicht mehr hin. Das Treten kann daher nicht während eines Theiles des Pedalumlaufes unterbrochen werden. Das Rad würde sofort stehen bleiben und umstürzen.

IV. Die Arbeit zur Ueberwindung des Luftwiderstandes $= \frac{1}{2} k v^2 s = \frac{1}{16} v^2 s$.

Die Ueberwindung des Luftwiderstandes erfordert bei schneller Fahrt weitaus den grössten Antheil der gesammten Fahrarbeit. Bei schnellster Fahrt kann der Luftwiderstand das 12- bis 13fache der bisher überhaupt nur für erforderlich erachteten Arbeit verlangen. Trotzdem ist dieser wichtige Factor bei der Berechnung der Fahrarbeit bisher nicht berücksichtigt worden.

Fährt ein Fahrer bei Windstille mit einer Geschwindigkeit von 6 m, so strömt die Luft mit der gleichen Geschwindigkeit an ihm vorbei und übt auf ihn einen Druck, als ob er stille hielte und ein Wind von 6 m Geschwindigkeit gegen ihn anprallte. Der Fahrer erzeugt sich einen Gegenwind, der um so heftiger ist, je schneller die Fahrt erfolgt.

Ein Wind von 6 m Geschwindigkeit übt auf eine Fläche von 1 qm einen Druck von 4,4 kg (annähernd = $\frac{1}{8} \cdot 6^2$), ein Wind von 10 m übt einen Druck von 12,2 (annähernd = $\frac{1}{8} \cdot 10^2$), ein Wind von 40 m einen Druck von 195 kg (annähernd = $\frac{1}{8} \cdot 40^2$). Allgemein ausgedrückt übt ein Wind von der Geschwindigkeit v auf 1 qm einen Druck von $\frac{1}{8} \cdot v^2$ kg = kv^2 kg. Den Bruch $\frac{1}{8}$ bezeichnet man als Coëfficient des Winddrucks k.

Wie die Formel kv^2 zeigt, nimmt der Luftwiderstand nicht einfach proportional der Geschwindigkeit zu, sondern er wächst mit dem Quadrat der Fahrgeschwindigkeit. Bei 5 mal schnellerer Fahrt wird er 25 mal grösser. Hieraus erklärt es sich, warum schnelle Fahrt so ungemein viel anstrengender, als langsame Fahrt, ist.

Ein erwachsener Mann bietet im Stehen dem Wind eine Angriffsfläche von etwa $\frac{1}{2}$ qm im entkleideten Zustand. Durch die Kleidung wird diese Fläche etwas vergrössert, durch die Beugung von Armen und Beinen beim Sitz auf dem Rad aber wieder verkleinert. Man kann daher die dem Wind exponirte Fläche des Fahrers = $\frac{1}{2}$ qm setzen und den bei der Fahrgeschwindigkeit v zu überwindenden Luftwiderstand, Windstille vorausgesetzt, = $\frac{1}{2} kv^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} v^2 = \frac{1}{16} v^2$. Zur Ueberwindung dieses Widerstandes ist auf der Fahrstrecke s die Arbeit $\frac{1}{2} kv^2 s$ = $\frac{1}{16} v^2 s$ mkg nöthig.

Der aufrechtsitzende Fahrer braucht bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m zur Ueberwindung des Luftwiderstandes pro 1 km $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} \cdot 1^2 \cdot 1000$ mkg = 62,5 mkg bei einer Fahrgeschwindigkeit von 17 m aber 18062 mkg, also 289 mal mehr Arbeit. Dieses rapide Ansteigen der Arbeit bei schnellerer Fahrt fühlt jeder Fahrer und sucht es instinktiv durch Verkleinerung seiner Körperoberfläche zu verringern. Der Rennfahrer rollt daher seinen Körper fast zur Kugel zusammen und gibt ihm dadurch die kleinste, mathematisch mögliche Oberfläche. Durch starkes Vorwärtsbeugen des Rumpfes und noch stärkeres Senken des Kopfes bei gleichzeitiger starker Beugung der Beine und Arme wird die Körperfläche etwa um die Hälfte vermindert und der Luftwiderstand auf $\frac{1}{32} v^2 s$ herabgesetzt. Alle Recorde sind mit

dieser Rennhaltung erzielt, und bei Berechnung der Fahrarbeit darf das nicht übersehen werden, um nicht um das Doppelte zu hohe Werthe zu erhalten.

Diese Rennhaltung hemmt zu gleicher Zeit die Bewegung der Brust und des Bauches, also die Rippen- und Zwerchfellathmung. Zugleich wird der Kopf in die vom Vorderrad aufgewirbelte Staubwolke herabgebeugt, und ausser dem Staub wird die verbrauchte Luft eingeathmet, die in dem von Kopf, Brust und Bauch bei der Rennhaltung gebildeten Hohlraum sich ansammelt und neben der Ausathmungsluft die Ausdünstungen von Haut und Kleidern aufnimmt. So ungünstige Athmungsbedingungen können nur sehr kurze Zeit ausgehalten werden, und schon deshalb lassen sich die grössten Rennleistungen nur während Bruchtheilen einer Minute durchführen.

Berechnet man die Recorde nicht mehr nach kürzesten Zeiten, sondern nach der maximalen Arbeitsentfaltung ausgedrückt in Pferdekräften, so bietet die Rennhaltung keinen Vortheil mehr, da sie sogar die Leistungsfähigkeit direct schädigt, und es würde ein Hauptanlass für diese so gesundheitsschädliche Haltung in Wegfall kommen. Eine langsamere Fahrt bei aufrechter Haltung kann eine viel bedeutendere Kraftleistung sein, als eine schnelle Fahrt bei Rennhaltung.

Um jederzeit sofort ohne jede Rechnung ersehen zu können, welche Arbeit bei einer gewissen Fahrgeschwindigkeit für aufrechte oder Rennhaltung erfordert wird, habe ich diese Arbeit für 1 km berechnet in dem Schema am Schluss zusammengestellt, und zwar für einen erwachsenen Fahrer, der mit seinem modernen Zweirad 100 kg wiegt. Schema A enthält im Hauptcarrée die Werthe für die aufrechte Haltung, Schema B für die maximal vorwärts gebeugte Rennhaltung. Die Arbeiten sind einmal in Meterkilogrammen ausgedrückt, zweitens aber im gleichen Fach unmittelbar darunter auch auf die Secunde berechnet in Pferdekräften (HP.). Die hier zunächst in Betracht kommenden Werthe für Windstille oder für eine Geschwindigkeit des Gegenwindes (V) von 0 m sind in der obersten Querspalte aufgeführt, die links die Bezeichnung trägt $V = 0$. Die

bisher erreichten Fahrgeschwindigkeiten von 1 bis 17 m bilden den Kopf der obersten Querspalte.

Sämmtliche Meterkilogrammzahlen im Hauptcarrée des Schemas setzen sich zusammen aus der Arbeit zur Ueberwindung der Reibung, die stets 1500 mkg beträgt, und dem Luftwiderstand. Eine Verminderung der Meterkilogramme um 1500 ergiebt daher direct die Arbeit für den Luftwiderstand. Sollte die Gesammtlast eine andere als 100 kg sein, so ändert sich blos die Arbeit für die Reibung, die sich dann aus der beigefügten Formel $^1/_{66}\,ps$ ohne Mühe berechnen lässt.

Da der Luftwiderstand mit steigender Fahrgeschwindigkeit rapid anwächst, erreicht die Fahrgeschwindigkeit auch des besten Fahrers sehr bald eine unüberwindliche Grenze. Das Bestreben, aber auch über diese Grenze hinaus die Recorde noch zu verbessern, hat dazu geführt, fremde Kräfte zu Hilfe zu nehmen, und zwar in der Person von Schrittmachern. Vielfach glaubt man wohl, die Schrittmacher hätten nur die Aufgabe, durch ihr Beispiel und Tempo animirend, also rein psychisch, auf den Fahrer einzuwirken. Anfänglich mag das wohl auch die Absicht gewesen sein. Bei modernen Rennfahrten mit Hilfe von Schrittmachern leisten die Schrittmacher aber eine ganz gewaltige, physische Arbeit für den Fahrer, sie können ihm bis zu $^2/_3$ seiner Arbeit überhaupt abnehmen und so eine weitere Steigerung der Fahrgeschwindigkeit ermöglichen.

Hält sich ein Fahrer dicht hinter seinen Schrittmacher, so kann er ohne besondere Mühe lange mit ihm Schritt halten. Ist er aber nur um 2 m von dem Schrittmacher abgekommen, so bleibt er schnell hinter ihm zurück. Der magische Einfluss des Schrittmachers ist gebrochen, obgleich der psychische Einfluss doch nach wie vor ungeschmälert fortwirken müsste. Der Rennfahrer sagt dann, es sei Luft zwischen ihn und den Schrittmacher gerissen. Und das ist auch thatsächlich der Fall.

Die Schrittmacher haben für den unmittelbar folgenden Fahrer den Luftwiderstand zu überwinden und nehmen dem Fahrer daher den Haupttheil seiner Arbeit ab, die ja bei schneller Fahrt vorwiegend für den Luftwiderstand erfordert wird. Die

Schrittmacher reissen in das Luftmeer gewissermaassen eine Gasse oder arbeiten in die Luftmassen hinein einen Tunnel, in dem nun der Rennfahrer bequem vorwärts kommen kann. Dieser Tunnel ist aber nur aus Luft gebaut und stürzt sehr bald hinter den Schrittmachern wieder ein. Der Fahrer muss sich ganz dicht hinter den Schrittmacher halten, wenn er diesen Tunnel benutzen will. Kommt er auch nur um 2 m ab, so ist dieser Tunnel vor ihm wieder zusammengebrochen und mit Luft ausgefüllt, »es ist Luft dazwischen gerissen«, und der Fahrer muss sich selbst einen neuen Tunnel in die Luft hinein arbeiten. Der Schrittmacher reisst thatsächlich seinen Fahrer mechanisch mit vorwärts. Das Seil, mit dem er ihn vorwärts zieht, ist zwar unsichtbar und nur aus Luft gewebt, aber doch recht kräftig.

Das Höchste, was im Jahr 1896 von einem Rennfahrer in 24 Stunden ohne Hülfe von Schrittmachern geleistet worden ist, sind 516 km 796 m. Im gleichen Jahr war der 24 Stundenrecord mit Schrittmachern 859 km 120 m. Zur Berechnung der Arbeitsgrösse für beide Fahrer nehme ich an, dass jeder Fahrer mit seinem Rad 100 kg wog und die 24 Stunden voll ohne Pause durchfuhr. Nimmt man Pausen während der Fahrt an, so wird die Fahrgeschwindigkeit und damit die Fahrarbeit eine noch grössere.

Die Tagesfahrt ohne Schrittmacher ergibt eine mittlere Geschwindigkeit von 5,98 m in der Sekunde. Auf der Strecke von 1 km sind für die Ueberwindung der Reibung 1500 mkg, für den Luftwiderstand 1117, im ganzen 2617 mkg erforderlich, für die volle Fahrstrecke 1 352 465 mkg, dazu die Arbeit im Beginn der Fahrt zur Ueberwindung der Trägheit = 178 mkg, in Summa 1 352 643 mkg.

Der 24-Stundenrecord mit Schrittmachern ergibt eine Fahrgeschwindigkeit von 9,94 m und eine Gesammtarbeit von 3 941 277 mkg.

Nimmt man beide Fahrer als gleich leistungsfähig an, so vermag ein Fahrer durch eigene Kraft an einem vollen Tag nur 1 352 643 mkg Arbeit aufzubringen. Mit Hilfe der Schrittmacher sind aber noch 2 588 634 mkg mehr Arbeit, als das maximal

Mögliche, geleistet worden. Diese Arbeit kann daher nur von den Schrittmachern zugeschossen sein. Durch Hilfe der Schrittmacher ist die Leistung des Rennfahrers um mehr als die Hälfte bis zu $^2/_3$ gesteigert worden. Ein solches Plus lässt sich selbstverständlich nicht bloss durch psychische Einflüsse erklären.

Was ein Rennfahrer unter Beihilfe von Schrittmachern leistet, ist daher gar nicht mehr die Arbeit eines Einzelnen, sondern das gemeinsame Product einer ganzen Anzahl Fahrer, die ihre Kräfte einem einzelnen Fahrer borgen und dessen Leistung künstlich emporschrauben. Die Recorde mit Schrittmachern sind daher eine kleine Selbsttäuschung, die rationeller Weise bei Rennen besser in Fortfall käme.

Da die Schrittmacher bis zu $^2/_3$ der Gesammtarbeit übernehmen, leisten sie unter Umständen mehr, als die maximale Leistung des Rennfahrers selbst beträgt. Abgesehen von dem öfteren Wechsel in der Person der Schrittmacher während einer längeren Fahrt, findet das darin seine Erklärung, dass in der Regel mehrere Schrittmacher hintereinander auf einem Tandem sitzen. Bei einem Tandem mit 6 Personen wächst zwar die Reibung annähernd auf das 6fache, hingegen bleibt der wesentliche Widerstand, der durch die Luft, für die 6 Fahrer hintereinander genau so gross, wie er für einen Einzelnen war. Jeder Einzelne hat daher nur $^1/_6$ der Hauptarbeit (zur Ueberwindung des Luftwiderstandes) aufzubringen. Die Anordnung der 6 Fahrer auf 1 Rad hintereinander ergibt somit den gleichen Vortheil, wie die Hintereinanderschaltung von 6 galvanischen Elementen für den Fall, dass der äussere Widerstand im Leitungsbogen ein sehr grosser ist. Einen ähnlichen Vortheil scheinen die Zugvögel durch die Anordnung ihrer Züge in Keilform oder in schrägen Linien auf ihren Wanderungen sich zu verschaffen. — Ganz neuerdings werden die Schrittmacher sogar noch zum besseren Beseitigen des Luftwiderstandes für den Recordfahrer mit Windschirmen ausgerüstet und dadurch ist der Tagesrecord mit Schrittmachern plötzlich von 859 km 120 m auf 991 km 650 m hinaufgeschnellt. Die Benützung von Locomotiven als Schrittmacher bietet ähnliche Vortheile.

V. Die Arbeit zur Ueberwindung des Gegenwindes (V) $= {}^1/_2\, kV^2 s = {}^1/_{16}\, V^2 s$.

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 m übt die Luft auf den Körper des Fahrers bei Windstille einen Druck, wie ein Gegenwind von 6 m. Umgekehrt muss ein Gegenwind von 6 m den Luftwiderstand um gleich viel erhöhen, wie eine neu hinzutretende Fahrgeschwindigkeit von 6 m oder mit anderen Worten, wie eine Fahrbeschleunigung um 6 m. Bei einer Fahrgeschwindigkeit v von 4 m gegen einen Wind V von 6 m ist der Luftwiderstand daher der gleiche, wie ihn eine Fahrgeschwindigkeit von $4 + 6 = 10$ m bei Windstille ergibt oder allgemein ausgedrückt: Der Luftwiderstand entspricht einer Fahrgeschwindigkeit von $(v + V)$ m und erfordert eine Arbeit von ${}^1/_2\, k\,(v + V)^2 s$ mkg.

Diese Formel ergibt, dass die Arbeit für die Fahrgeschwindigkeit $v = {}^1/_2\, kv^2 s$ durch den Gegenwind V nicht nur um die Arbeit, die dieser allein erfordern würde, also um ${}^1/_2\, k V^2 s$ wächst, sondern um ${}^1/_2\, k\,(2vV + V^2)\, s$.

Der Gegenwind steigert die Fahrarbeit in ganz gleicher Weise, wie es eine Zunahme der Fahrgeschwindigkeit thut. Schon ein relativ schwacher Gegenwind ermüdet daher ungewöhnlich stark und führt leicht zu Ueberanstrengungen. Es ist daher rathsam, die Stärke des Gegenwindes bei der Fahrt stets zu berücksichtigen. Um sie schnell beurtheilen zu können, habe ich in dem Schema am Schluss den einzelnen Windstärken ihre Hauptcharakteristika beigefügt.

Der Gegenwind kann in Rücksicht auf den Arbeitszuwachs auch einer Steigung des Weges gleich gesetzt werden. Eine Steigung von 1 % erfordert ungefähr die gleiche Mehrarbeit, wie ein Gegenwind oder eine Fahrbeschleunigung von 4 m in der Ebene und bei aufrechter Haltung des Fahrers. Folgende Tabelle gibt die Stärke des Gegenwindes an, der einer Steigung von 1—10 % entspricht.

1 % Steigung	=	4 m	Geschwindigkeit des Gegenwindes oder Fahrbeschleunigung bei aufrechter Haltung.
2 % »	=	6 »	
3 % »	=	7,5 »	
4 % »	=	8,5 »	

Steigung			
5 % Steigung	=	9,5 m	Geschwindigkeit des Gegenwindes oder Fahrbeschleunigung bei aufrechter Haltung.
6 % »	=	10,3 »	
7 % »	=	11 »	
8 % »	=	12 »	
9 % »	=	13 »	
10 % »	=	13,5 »	

Stärkere Steigungen als 3 % sind für die Mehrzahl der Fahrer schon recht anstrengend. Dementsprechend sollte daher auch nicht gegen einen stärkeren Wind als von 7,5 m gefahren werden. Gute Fahrer zwingen noch eine Steigung von 7 % oder einen Gegenwind von 11 m. Das entspricht schon der Arbeit bei der besten Recordleistung, aufrechten Sitz angenommen. Ausnahmsweise werden noch Steigungen von 10 % bewältigt. Das kommt einem Gegenwind oder einer Fahrbeschleunigung von 13,5 m gleich. Bei aufrechter Haltung würde das über 2 Pferdekräfte erfordern, wäre also unmöglich, und kann nur noch bei Rennhaltung geleistet werden. Meist wird eine solche Steigung aber in Zickzacklinien gefahren und dadurch der relative Betrag der Steigung bedeutend vermindert.

In dem Schema des Kraftverbrauchs habe ich in dem Hauptcarrée den Einfluss des Gegenwindes mit berechnet. Die Längsspalte am linken Rand gibt unter V die Geschwindigkeit des Gegenwindes von 0—40 m in der Sekunde an. Die oberste Querspalte enthält die gleichzeitige Fahrgeschwindigkeit von 1—17 m. Bei aufrechter Haltung (Schema A) und Windstille ($V = 0$) sind z. B. für 1 km und eine Fahrgeschwindigkeit von 10 m = 7750 mkg erforderlich. Der Luftwiderstand bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 m bei Windstille ist der gleiche, wie bei einer Fahrgeschwindigkeit von 4 m gegen einen Wind von 6 m. In dem Schema findet man daher in dem Fach ($v = 4$, $V = 6$) gleichfalls den Werth 7750 mkg und ebenso für das Fach ($v = 5$, $V = 5$) und ($v = 6$, $V = 4$) u. s. w.

Bei langsamster Fahrt von 1 m würde sich der beste Rennfahrer gegen einen Orkan noch eben einige Minuten mühsam vorwärts arbeiten können.

In Kilogrammmetern ausgedrückt ist die Arbeit die gleiche, ob Jemand mit einer Schnelligkeit von 16 m bei Windstille oder von 1 m gegen einen Wind von 15 m fährt. Sie ist bei aufrechter Haltung pro Kilometer = 17 500 mkg. Trotzdem stellen beide Fahrten an den Fahrer eine sehr verschiedene Anforderung, sobald man untersucht, welche Arbeit pro Sekunde in jedem Fall geleistet wird, also die Arbeit in Pferdekräften ausdrückt. Bei 1 m Fahrgeschwindigkeit vertheilen sich die 17 500 mkg auf 1000 Sek., in der Sekunde muss fast $^1/_4$ HP producirt werden. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 16 m und Windstille müssen die gleichen 17 500 mkg schon in 62,5 Sek. aufgebracht werden, das entspricht $3^3/_4$ HP. Das ist bisher aber noch keinem Menschen möglich gewesen zu leisten. Die Maximalleistung beim Radfahren beträgt $1^3/_4$ HP. Auch hieraus geht hervor, wie viel rationeller es wäre, die Fahrleistung weder nach Fahrzeiten, noch nach Meterkilogrammen, sondern nach Pferdekräften zu berechnen.

Legt man $1^3/_4$ HP als Maximum zu Grunde, so ersieht man aus dem Schema ohne Weiteres, dass bei aufrechter Haltung nur Leistungen möglich sind, die links und oben von einer Linie liegen, die etwa v 12 und V 40 verbindet, und für Rennhaltung (Schema B) links und oben von einer Linie zwischen v 15 und ungefähr (V 40 + v 2) liegt.

Die Arbeit zur Ueberwindung des Luftwiderstandes geht dem Fahrer verloren, gleich der Arbeit zur Ueberwindung der übrigen Reibung. Die gegen den Wind geleistete Arbeit wird aufgespeichert und kommt unverkürzt dem Fahrer wieder zu Gute, falls er mit dem gleichen Wind zurückfährt. Die Arbeit für die Hin- und Rückfahrt verhält sich dann so, als wäre die ganze Fahrt bei Windstille erfolgt. Hatte der Fahrer für den Luftwiderstand bei einer Fahrgeschwindigkeit von v und einem Gegenwind von $V = {}^1/_{16}\,(v + V)^2\,s$ Meterkilogramm gebraucht und somit für den Gegenwind eine Mehrarbeit von ${}^1/_{16}\,(2\,v\,V + V^2)\,s$ aufbringen müssen, so gewinnt er auf der Rückfahrt durch den treibenden Wind ebensoviel an Triebkraft.

In Bezug auf den Luftwiderstand verhält sich ein Gegenwind von V Metern einer Fahrbeschleunigung von V Metern

gleich, ein treibender Wind vermindert entsprechend den Luftwiderstand ebenso stark, wie eine Fahrtverlangsamung um V Meter. Statt $\frac{1}{16} v^2 s$ hat dann der Fahrer nur noch $\frac{1}{16} (v - V)^2 s$ mkg gegen den Luftwiderstand zu leisten. Eine Fahrgeschwindigkeit von 10 m bei einem treibenden Wind von 6 m erfordert für den Luftwiderstand pro Kilometer $\frac{1}{16} (10-6)^2 \cdot 1000$ mkg $= 1000$ mkg, während der Luftwiderstand für die 10 m schnelle Fahrt bei Windstille $\frac{1}{16} (10)^2 \cdot 1000 = 6250$ mkg erfordert.

Uebertrifft die Geschwindigkeit des treibenden Windes die Fahrgeschwindigkeit, so bleibt ein Plus von Triebkraft übrig, das durch Bremsen oder Gegentreten vernichtet werden muss oder die Fahrgeschwindigkeit noch entsprechend erhöht.

Treibender Wind kann dem Fahrer die gesammte Arbeit abnehmen. Wird der treibende Wind übersehen, so hält sich der Fahrer an diesem Tag meist für besonders leistungsfähig, dehnt die Fahrt ungewöhnlich aus und hat auf der Rückfahrt dann die ungewöhnlich grosse Strecke gegen einen kräftigen Wind zu fahren. Das mag eine ebenso häufige Ursache für die Ueberanstrengungen gerade auf der Rückfahrt sein, wie der Alkoholgenuss am Ziel der Fahrt, der die Leistungsfähigkeit der Herz- und Körpermuskulatur stark herabsetzt. Wohl nirgends macht sich der ermüdende und erschlaffende Einfluss des Alkohols schneller und deutlicher fühlbar, als gerade beim Radfahren.

Zur Berechnung der Arbeitsleistung bei Recorden und überhaupt beim Radfahren können nur Fahrten ohne Schrittmacher, auf völlig ebenem Boden und bei Windstille benutzt werden. Es sind deshalb nur Fahrten in der Bahn verwendbar. Denn die Bahn ist eben und bietet durch ihre kreisförmige Anordnung auch bei Wind doch den gleichen Luftwiderstand, wie bei Windstille, da auf der einen Hälfte der Kreisbahn der Wind ebenso kräftig als Gegenwind hemmt, wie er in der anderen Bahnhälfte als treibender Wind die Fahrt fördert. Für die Berechnung des Schemas ist nach diesen Gesichtspunkten verfahren worden.

VI. Die zum Bremsen erforderliche Arbeit $= n(2r\pi)f \cdot \frac{MH}{h} = Ml$.

Durch Bremsen wird die Fahrgeschwindigkeit v verringert oder, wenn das Rad zum Stillstand gebracht werden soll, vernichtet. Eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit ist zugleich eine Verminderung der lebendigen Kraft des Rades $\frac{pv^2}{2g}$, die ja vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängt. Will ich das Rad zum Stillstand bringen, so muss ich die ganze lebendige Kraft $\frac{pv^2}{2g}$ durch Bremsen vernichten. Durch das Bremsen muss daher eine Gegenkraft von $\frac{pv^2}{2g}$ aufgebracht werden, und der Radfahrer erleidet einen doppelten Arbeitsverlust, indem er erst Arbeit aufwenden muss, die lebendige Kraft zu erzeugen, und dann nochmals die gleiche Arbeit aufzubringen hat, die lebendige Kraft wieder zu vernichten.

Ist das Gewicht p von Rad plus Fahrer 100 kg und die Fahrgeschwindigkeit $v = 6$ m, so ist die lebendige Kraft 180 mkg. Diese soll beispielshalber auf einer Wegstrecke l von 11 m durch Bremsen vernichtet werden. Wirkt, wie meist, eine Gummibremse auf den Gummireif des Vorderrades und hat das Vorderrad einen Halbmesser r von 35 cm, so ist sein Umfang $2r\pi = 2{,}2$ m, und das Vorderrad muss zu dem Weg von 11 m noch $n = 5$ Umdrehungen machen. Die Bremse muss also während der Wegstrecke $l = n \cdot 2r\pi$ Meter auf das Vorderrad wirken.

Um das Rad zu verlangsamen und anzuhalten, übt die Bremse auf das Vorderrad einen Druck. Dieser Druck wird in Kilogrammen ausgedrückt und muss auf dem Weg von 11 m die lebendige Kraft von 180 mkg vernichten und ihr somit gleichkommen. Der Druck müsste daher $^{180}/_{11} = 16{,}3$ kg betragen. Infolge der gleitenden Reibung zwischen Gummi und Gummi reicht aber dieser Druck nicht aus. Liegt ein Gummiblock von 1 kg Gewicht auf einer horizontalen Gummifläche, so wird er schon durch den horizontalen Zug von $^1/_3$ kg eben zum Gleiten gebracht. 1 kg Gummi wird von der Gummiunterlage nur mit der Kraft von $^1/_3$ kg festgehalten. Will ich umgekehrt die Unter-

lage mit einer Kraft von 1 kg festhalten, so ist der doppelte Druck des Gummiblocks, also 2 kg, erforderlich. Wegen der gleitenden Reibung muss daher auch die Gummibremse nicht mit einer Kraft von 16,3 kg, sondern mit der doppelten, mit 32,6 kg, gegen das Rad drücken, um es mit der Kraft von 16,3 kg festzuhalten. Die Kraft Q, mit der das Rad von der Bremse festgehalten wird, ist daher nur die Hälfte des Druckes der Bremse D, also $Q = {}^1/_2\, D$. Den Bruch $^1/_2$ nennt man den Coëfficienten der gleitenden Reibung $= f$. Daraus folgt $Q = fD$; es ist somit: $\frac{pv^2}{2g} = fD \cdot n \cdot (2 r\pi) = fD \cdot l$.

Der Fahrer drückt die Bremse nicht direct mit der Hand gegen das Vorderrad, sondern vermittels eines zweiarmigen Hebels. Am kürzeren Hebelarm h von der Länge 1 sitzt die Bremse an und wird der Bremsendruck D geübt. Am längeren Hebelarm H von der Länge 2 wirkt der Druck der Hand (M). Es ist somit $HM = hD$, und: $D = \frac{HM}{h}$. In obige Formel eingesetzt ist: $\frac{pv^2}{2g} = f \cdot \frac{MH}{h} \cdot n\,(2 r\pi)$
und der Druck der Hand

$$M = \frac{pv^2 \cdot h}{2g \cdot f \cdot H \cdot n\,(2 r\pi)}.$$

Für die üblichen Räder mit Gummibremse und dem Reibungscoëfficienten f zwischen Gummi und Gummi von $^1/_2$ und einem Bremshebel mit einem langen Arm H von 2 und einem kurzen Arm h von der Länge 1 wird:

$$\frac{pv^2}{2g} = {}^1/_2 \cdot \frac{M \cdot 2}{1} \cdot n\,(2 r\pi) = M \cdot n\,(2 r\pi) = Ml.$$

In obigem Beispiel erfordert die Vernichtung der lebendigen Kraft von 180 mkg auf dem Weg l von 11 m, also einen Druck der Hand von $180 = M \cdot 11$ oder $M = 16{,}3$ kg.

Da die lebendige Kraft aber gleichzeitig durch die Reibung am Boden um $^1/_{66}\, ps$, wobei $s = l$ ist, vermindert wird, ist die durch das Bremsen zu leistende Gegenarbeit nur

$$\frac{pv^2}{2g} - {}^1/_{66}\, pl = M \cdot n\,(2 r\pi) = Ml.$$

Wirkt die Bremse nicht auf das Vorderrad vom Radius 35 cm, sondern auf ein kleineres Nebenrad, das z. B. einen Halbmesser (r') von 7 cm habe, so wirkt der Druck der Bremse auf einen fünfmal kürzeren Hebelarm und muss ebenso, wie der Druck M der Hand, daher fünfmal grösser sein. Hier darf aber l nicht mit $n(2r'\pi)$ vertauscht werden, da die Bremse auf eine fünfmal kürzere Radperipherie wirkt, als die Peripherie des Vorderrades oder als die Fahrstrecke beträgt.

Für etwas feinere Gummisorten, als am Rad, habe ich den Reibungscoëfficienten der gleitenden Reibung auf $^2/_5$ bestimmt. Für das rauhere Gummi am Rad kann er daher $^1/_2$ gesetzt werden. Schmiermittel vermindern die gleitende Reibung bedeutend. Nässe, Schlamm, thauender Schnee u. s. w. verringern daher wesentlich die Reibung zwischen Rad und Bremse und machen einen viel kräftigeren Druck der Hand nothwendig. Die Reibung kann sogar so gering werden, dass die Bremse überhaupt nicht mehr haftet und völlig versagt, dann ist nur noch ein Bremsen durch Gegentreten oder Anbinden von Büschen oder Aesten hinten am Rad möglich.

VII. Andere Momente, die beim Radfahren die Arbeit erhöhen.

Auch der beste Fahrer ist nicht im Stand, eine völlig gerade Linie zu fahren, stets macht das Rad abwechselnde Ausbiegungen nach rechts und links. Diese Ausbiegungen verlängern die Fahrstrecke und erhöhen die Arbeit für die Reibung und bei Windstille auch für den Luftwiderstand, und zwar um so mehr, je stärker gekrümmt die Curvenbäuche sind. Geht die Fahrt dem Wind entgegen, so nimmt die Arbeit zur Ueberwindung des Gegenwindes etwas ab, da die Fahrt jetzt in der Richtung gegen den Wind etwas langsamer erfolgt, als bei geradliniger Fahrspur. Diese Schwankungen des Rades nach rechts und links hängen von dem abwechselnden Niedertreten und damit stärkeren Belasten der Pedale ab und erfolgen daher auch dem Treten der Pedale synchron. Der Schwerpunkt des Rades liegt etwa im Sattel. Der Geübte kann nun so fahren, dass der Schwerpunkt

eine gerade Linie beschreibt, hingegen kann er nicht vermeiden, dass der Unterstützungspunkt, d. h. die Berührungspunkte zwischen den beiden Rädern und dem Boden, stets herüber und hinüber schwankt. Denkt man sich bei der Fahrt das Rad stillstehend und den Erdboden unter ihm fortbewegt, so wird das Rad mit seinem Sattel im Raum am selben Punkt verharren, während die Räder abwechselnd nach rechts und links pendeln.

Zu diesen rhythmischen Schwankungen kommen noch völlig unregelmässige durch die Unebenheiten des Weges.

Der Geübte vergrössert seine Fahrstrecke durch diese Schwankungen nur um wenig Procent. Viel stärkere Schwankungen macht der Anfänger. Bei ihm pendelt auch der Schwerpunkt des Rades hin und her und vergrössert noch bedeutend die Schwankungen der Unterstützungspunkte. Für seine stark gekrümmten Curven braucht der Anfänger daher stets sehr breite Strassen. Werden die Curven zu Halbkreisen nach beiden Seiten, so kommt der Anfänger durch zwei Halbkreise um vier Kreishalbmesser vorwärts. Der Kreisumfang ist aber um 57 % grösser, als der vierfache Halbmesser, um so viel wird die Fahrstrecke verlängert.

Die Schwankungen des Rades lassen sich durch geschickten Gebrauch der Lenkstange stark vermindern. Der Anfänger hält aber meist die Lenkstange krampfhaft fest und begibt sich so dieser Hilfe.

Beim Fahren eines Bogens vom Radius R sucht stets die Centrifugalkraft das Rad mit einer Kraft von $\frac{pv^2}{gR}$ nach aussen zu ziehen und umzustürzen. Der Fahrer muss daher sich und sein Rad so viel nach einwärts neigen, als die Centrifugalkraft ihn nach auswärts ziehen würde. Nach der Formel ist die Centrifugalkraft um so grösser, je kleiner der Radius des gefahrenen Bogens ist. Stärker gekrümmte Curven erfordern daher eine stärkere Neigung des Rades und Fahrers. Umgekehrt müssen aber auch um so stärker gekrümmte Curven gefahren werden, je mehr sich der Fahrer nach der Seite neigt.

Das ist auf schlüpfrigen, zumal schlammigen Wegen von Bedeutung. Das Rad ist fast stets nach einer Seite geneigt. Auf dem schlüpfrigen Boden rutscht es seitlich leicht noch mehr aus. Die Neigung des Fahrers nimmt dadurch noch zu, damit aber auch die Krümmung der Fahrcurve und die Länge der Fahrstrecke. Der Vollreif gleitet viel weniger leicht seitlich aus, wie der pneumatische Reif. Denn der Vollreif schneidet durch die schlüpfrige Schlammschicht leicht bis auf eine festere Schicht der Strasse durch, an der er wieder genügend Halt gegen das Gleiten findet. Der breite, pneumatische Reif hingegen vermag den Schlamm nicht so zu durchschneiden, er schwimmt gewissermaassen auf dem Schlamm und gleitet sehr leicht aus. Beim Uebergang vom Vollreif zur Pneumatik fällt jedem Fahrer sofort auf, wie viel unsicherer er auf feuchtem Boden ist und wie viel grössere Anstrengung, zumal auch für die Arme, ein aufgeweichter Weg erfordert.

Der Schlamm erhöht auch noch direct die Arbeit. Denn das Rad muss sich in die Schlammmassen eine Bahn arbeiten, der Schlamm klebt wie eine dünne Leimmasse das Rad gewissermaassen am Boden fest. Dann erfordert auch das reichliche Verspritzen des Schlammes noch eine Arbeitsverschwendung.

An den pneumatischen Reifen hat man seitlich Gummistreifen angebracht, die beim Neigen des Rades dem Rad einen neuen Stützpunkt geben und das Gleiten vermindern. Sie wirken daher etwas arbeitssparend, doch ist dieser Einfluss im ganzen gering.

Die Construction des Rades ist selbstverständlich auch von Einfluss auf die Arbeitsgrösse. Aber auch ungenügende Pflege des Rades kann die Arbeit erhöhen. Wenn verharzende Schmieröle oder ein Gemenge von Staub und Schmieröl die Rotation der Frictionskugeln beeinträchtigt oder aufhebt, wird das Kugellager mehr und mehr zu einem gewöhnlichen Lager mit gleitender Reibung und viel grösserem Reibungswiderstand.

Ein ungepolstertes Rad setzt einen grossen Theil der aufgewandten Arbeit in vertikale Stösse um, durch die der Fahrer senkrecht emporgeworfen wird. Dadurch kann ein grosser Theil

der Arbeit verloren gehen und dazu verwendet werden, das Fahren höchst unangenehm und angreifend zu gestalten. Durch Polsterung des Sattels und Federung der Achsenlager, besonders aber durch die elastische Wirkung der als Pneumatik um das Rad gelegten Luftkissen werden diese Stösse fast gänzlich aufgehoben und spart man entsprechend an Kraft. Die Pneumatik schmiegt sich allen kleinen Unebenheiten des Weges an, ähnlich wie der menschliche Fuss, während das Fahren auf Vollreifen mehr dem stossenden Gehen auf hölzernen Stelzen oder Stelzfüssen gleicht.

Eine zu stramm gespannte oder nicht genau passende Kette klemmt die Zacken der Zahnräder, führt zu starker Abnutzung und quietschenden Geräuschen und nicht unerheblicher Kraftvergeudung. Jedes Geräusch des fahrenden Rades ist das Symptom einer Arbeitsverschwendung. Auch eine genau passende Kette kann unter der ausdehnenden Wirkung der Sonnenhitze vorübergehend schlecht passend werden. Die Kette quietscht dann, bis nach kurzer Fahrt durch kühlere Stellen, wie Waldparcellen, die Kette wieder abschwillt und genau passt.

VIII. Der Kraftaufwand der Beine $= \frac{A}{s} \cdot \frac{nr}{c} = \frac{A}{s} \cdot \frac{1{,}27\,\ddot{u}}{c}$.

Die Gesammtarbeit beim Radfahren muss vorwiegend durch die Beine aufgebracht werden. Sie sei A. Würde die Kraft der Beine tangential auf den Umfang des Vorderrades einwirken, so würde durch eine Einwirkung auf den ganzen Radumfang von $2\,r\pi$ das Rad um eine Strecke $(s) = 2 \cdot r\pi$ vorwärts bewegt werden. Die erforderliche Kraft wäre dann $A/2\,r\pi = A/s$.

Am Rad wirkt nun aber das Bein nicht auf den Umfang des Vorderrades oder auf dessen Radius $r = 35$ cm als Hebel, sondern auf einen viel kleineren Hebel, nämlich auf die Pedalstange $c = 16$ cm. Die Kraft muss daher um soviel mal grösser sein, als die Pedalstange oder der Radius des Pedalkreises c kleiner ist als r oder um r/c. Die erforderliche Kraft ist somit $\frac{A}{s} \cdot \frac{r}{c}$. Da ein Pedalumlauf aber meist 2 oder allgemein ausgedrückt n Umläufe des Vorderrades bewirkt, also eine doppelt

oder *n* mal so grosse Fahrleistung erzielt, so ist auch eine doppelt oder *n* mal so grosse Kraft erforderlich, also $\frac{A}{s} \cdot \frac{2r}{c}$ oder $\frac{A}{s} \cdot \frac{nr}{c}$.

Ein entsprechendes Hochrad, das gleichfalls durch einen Pedalumlauf um $n \cdot 2r\pi$ vorwärts kommen sollte, müsste einen *n* mal so grossen Radius wie das Niederrad haben $= nr$ oder einen Durchmesser von $2nr$ cm. Da 1 cm = 0,39 englische Zoll ist, sind $2nr$ cm $= 2nr \cdot 0{,}39$ und ($n = 2$, $r = 35$ cm gesetzt) $= 2 \cdot 2 \cdot 35 \cdot 0{,}39$ oder fast 55 englische Zoll. Man sagt daher, das Niederrad hat eine Uebersetzung von 55 engl. Zoll.

Nennt man die Uebersetzung oder den Durchmesser des entsprechenden Hochrades in englischen Zollen $= ü$, so ist der Radius des Hochrades $= ü/2$ oder in Centimetern $\frac{ü \cdot 2{,}54}{2} = 1{,}27\, ü$.

Auf das Ende der Pedalstange muss daher die Kraft $\frac{1{,}27\, ü}{c} \cdot \frac{A}{s}$ wirken.

Je höher die Uebersetzung desto grösser ist die Kraftanforderung an die Beine. Eine doppelt so hohe Uebersetzung erfordert die doppelte Kraft, legt aber auch eine doppelt so grosse Wegstrecke zurück. Die Gesammtarbeit für die Einheit des Weges bleibt die gleiche. Durch gleich schnelles Treten wird aber bei doppelt so hoher Uebersetzung die gleiche Fahrstrecke in der Hälfte der Zeit zurückgelegt. Auf die Sekunde oder auf Pferdekräfte berechnet, steigt also der Kraftaufwand proportional der Höhe der Uebersetzung.

Tritt der Fahrer, wie meist bei nicht anstrengender Fahrt in der Ebene, die Pedale nur in den beiden horizontalen Quadranten des Umlaufes, so verdoppelt sich der Kraftaufwand der Beine noch $= \frac{2{,}54\, ü}{c} \cdot \frac{A}{s}$ oder $\frac{4r}{c} \cdot \frac{A}{s}$. Als maximale Fahrarbeit sei zunächst die angenommen, bei der ein Fahrer mit der ganzen Last seines Körpergewichts von z. B. 80 kg abwechselnd auf das eine und das andere Pedal wirkt. Der Fahrer muss sich hierbei geradezu auf die Pedale stellen und kann sie nur wäh-

rend der beiden horizontalen Quadranten antreiben. Auf einen ganzen Pedalumlauf wirkt daher nur die halbe Kraft von 40 kg $= \frac{2r}{c} \cdot \frac{A}{s}$. Ist $r = 35$ cm und $c = 16$ cm, so wird auf die Fahrstrecke s von 1 m eine Arbeit von $\frac{70}{16} \cdot \frac{A}{1} = 40$, oder $A = 9{,}143$ mkg und für 1 km = 9143 mkg geleistet.

Mit dieser Arbeitsmenge kann ein Rennfahrer nach Schema (B) bei Windstille eine Fahrgeschwindigkeit von 15—16 m ohne Schrittmacher in der Ebene erreichen. Da bisher die höchste erzielte Fahrgeschwindigkeit ohne Schrittmacher 15,25 m beträgt, so scheint thatsächlich in der Grösse des Körpergewichts und ihrer vollen Ausnutzung als Triebkraft die Grenze der Kraftentfaltung beim Radfahren vor der Hand gegeben zu sein. Bergauf würde sich bei langsamster Fahrt mit diesem Arbeitsquantum noch eine Steigung von fast 7 % überwinden lassen.

Der Körper braucht aber nicht nur rein passiv auf die Pedale zu wirken, er kann durch gleichzeitige, kräftige Contraction der Arme noch stärker gegen die Pedale gepresst und die Kraft so erhöht werden. Theoretisch würde dadurch die Kraft um so viel sich noch steigern lassen, als das Gewicht beträgt, das die beiden Arme die entsprechende Zeit hindurch noch gleichzeitig zu heben vermöchten.

Anscheinend arbeitet während der Fahrt immer nur ein Bein, während das andere so lange feiert. Thatsächlich wird aber auch die Ruhepause oder vielmehr das Wiederemporsteigen des unbeschäftigten Beines mit zur Fortbewegung ausgenutzt. Der unbeschäftigte Fuss steigt in der Pause vom tiefsten zum höchsten Punkt des Pedalumlaufs empor, also um $2c = 32$ cm, das Knie und damit annähernd auch der Schwerpunkt des Beines um die Hälfte = 16 cm. Wiegt ein Bein 18 kg, so wird eine Arbeit von $18 \cdot 0{,}16$ mkg = 2,88 mkg durch seine Hebung aufgespeichert und kommt beim Senken und Abwärtstreten des Beines wieder mit zur Ausnutzung. Während eines Pedalumlaufes wird jedes Bein einmal gehoben, im Ganzen also 5,76 mkg aufgespeichert. Da die Schwere des Beines nur in den horizontalen

Quadranten in günstiger Richtung auf die Pedale wirken kann, verringert sich dieser Werth wieder um die Hälfte und wird 2,88 mkg.

Das senkrecht herabhängende Bein wird ganz von Bändern, Muskeln, Luftdruck u. s. w. getragen und übt daher keinen Druck auf die Pedale, nur das horizontal gehaltene Bein drückt annähernd seinem Gewicht entsprechend auf seine Unterlage. Sinkt das Bein, so nimmt der Druck mehr und mehr ab. Wird das Bein beim Fahren nur bis zu 30° gehoben und wieder voll gesenkt, so wirkt nur $1/2$ bis 0 der Last des Beines oder etwa $1/4 = 0{,}72$ mkg. Durch eine Pedalumdrehung kommt das Rad 4,4 m vorwärts, auf 1 m Fahrstrecke liefert somit das gehobene Gewicht des Beines eine Arbeit von 0,16 mkg. Das ist bei langsamster Fahrt in der Ebene und bei Windstille etwa $1/9$ bis $1/10$ der Gesammtarbeit.

Bei der wenig schönen Fahrt mit stark gebeugten Knieen wird die Schwere des Beines etwas ausgiebiger ausgenutzt.

IX. Die Gesammtarbeit beim Radfahren und ihr Vergleich mit der Leistung des Fussgängers.

Als Hauptfactoren für den Arbeitsverbrauch beim Radfahren haben sich folgende 5 herausgestellt:

Arbeit	Arbeits-verbrauch	Arbeitsgewinn	Allgemeine Formel
1. Zur Ueberwindung d. Reibung	$bps = 1/66\, ps.$		bps mkg.
2. Zur Ueberwindung d. Steigung . . . bergunter wird sie wiedergewonnen .	$xips = \frac{x}{88} ps.$	$-xips = -\frac{x}{88} ps.$	$\pm xips.$
3. Zur Ueberwindung d. Trägheit . . .	$\frac{pv^2}{2g} = \frac{pv^2}{2 \cdot 10}.$		$\frac{pv^2}{2g}.$
4. Zur Ueberwindung d. Luftwiderstandes	$1/2\, kv^2 s = 1/16\, v^2 s.$		$1/2\, k(v \pm V)^2 s.$
5. Zur Ueberwindung d. Gegenwindes, . bei treibendem Wind wird an Arbeit gewonnen . .	$1/2\, kV^2 s = 1/16\, V^2 s.$	$-1/2\, kV^2 s = -1/16\, V^2 s.$	

Die Gesammtarbeit ist somit: $bps \pm xips + \frac{pv^2}{2\,g} + {}^1\!/_2\, k \cdot (v \pm V)^2 s$ oder $(b \pm xi)\,ps + \frac{pv^2}{2\,g} + {}^1\!/_2\, k\,(v \pm V)^2 s$ mkg.

Ist keine Steigung und kein Gegenwind vorhanden, so werden die betreffenden Werthe (x und V) in der Formel = 0 und fallen weg.

Ein Fussgänger braucht in der Ebene 6000 mkg für 1 km. Legt er in der Stunde 6 km zurück, so beträgt seine Geschwindigkeit 1,66 m und seine Arbeitsleistung in der Sekunde 0,133 HP. Bei einer gleichen Geschwindigkeit braucht der Radfahrer in der Ebene für 1 km 1672 mkg, also nur etwa den vierten Theil der Anstrengung des Fussgängers. In Pferdekräften ausgedrückt beträgt die Arbeit des Fahrers 0,037 HP.

Der Radfahrer leistet mit Hilfe seiner Maschine 4 mal so viel mit der gleichen Arbeitsmenge, wie der Fussgänger. Der Fussgänger muss die volle Last seines Körpers durch die Kraft seiner Muskeln tragen, während die Last des Fahrers grösstentheils vom Rad getragen wird. Der Fussgänger verschwendet Kraft durch die wippende Art des Ganges, wodurch die Last des Körpers bei jedem Schritt etwas gehoben und gesenkt wird. Diese zwecklose Arbeit vermeidet der Fahrer. Der Fahrer speichert die gesammte Arbeit, die er zur Ueberwindung von Steigung und Gegenwind braucht, in seinem Rad auf und gewinnt sie bergab und auf der Fahrt mit dem Wind unverkürzt wieder. Beim Fussgänger findet zwar eine gleiche Aufspeicherung statt. Der Fussgänger kann sich aber weder der treibenden Kraft des Windes, noch bergab der Schwere voll überlassen. Er muss, will er nicht stürzen oder in Laufschritt verfallen, stets den beschleunigenden Kräften entgegenarbeiten und sie grösstentheils wieder vernichten.

Steigt und fällt, wie meist, die Strasse abwechselnd, so kann der Fahrer bergunter sich ausruhen und neue Kraft sammeln ohne die Fahrt zu unterbrechen. Der Fussgänger hat bergauf und bergab keine Erholungspause, wenn er nicht den Marsch

völlig unterbrechen will. Ein Ausruhen ist für ihn nur durch Verlust an Zeit möglich.

Der Fahrer erzeugt sich auch bei schwüler Windstille durch ein schnelles Fahrtempo einen erfrischenden Gegenwind. Indem er bei jedem Tritt die Beine wesentlich höher heben muss, als der Fussgänger, wird der Blut- und Lymphstrom in Beinen, Becken und Unterleib beschleunigt und befördert, die Ermüdungsstoffe werden aus den Beinen schneller entfernt und die Leistungsfähigkeit der Muskulatur erhöht.

Der Radfahrer kann eine viel grössere Last an Gepäck mit sich befördern, als der Fussgänger. Will der Fahrer pro Kilometer die gleiche Arbeitsmenge aufwenden, wie der Wanderer = 6000 mkg, so hat er bei gleicher Geschwindigkeit noch einen Ueberschuss von 4315 mkg und kann mit diesen noch ein Mehrgewicht von 570 Pfund transportiren. Er würde also noch 3 bis 4 mittelgrosse, erwachsene Personen auf seinem Rad mit fortbewegen können, wenn diese so hintereinander sitzen, dass sie den Luftwiderstand nicht wesentlich erhöhen. Eine Ausrüstung des Rades mit einer kleinen Schnellfeuerkanone von 20 kg, wie man sie in Amerika versucht hat, oder mit anderer kriegsmässiger Ausrüstung stellt also noch gar keine ungebührlichen Anforderungen an den Fahrer.

Ein kräftiger Mann kann mit einer maximalen Belastung von 33 kg noch eben 4 Stunden ohne Gefährdung der Gesundheit marschiren. Für den Radfahrer bedeutet eine Mehrbelastung mit 33 kg nur eine Mehrarbeit für den Kilometer von 500 mkg oder eine Steigerung von seiner Gesammtarbeit um noch nicht ganz $^1/_3$. Der Fussgänger muss das Gepäck an seinem Körper und zwar meist am Rumpf befestigen. Je mehr er sich belastet, um so mehr vermindert er die Leistungsfähigkeit seiner Brustorgane und damit seines ganzen Körpers. Der Fahrer befestigt das Gepäck am Rad und bleibt so leistungsfähig, wie zuvor.

Mit der gleichen Arbeit von 6000 mkg, die der Fussgänger bei einer Marschgeschwindigkeit von 1,66 m pro Kilometer braucht, erzielt der Fahrer bei aufrechter Haltung eine Fahrgeschwindigkeit von 8 bis 9 m und bei Rennhaltung von 12 m, das ist eine

5- und bei Rennhaltung gar 7 ½ mal schnellere Fahrt. Ein Fussgänger, der mit dem Radfahrer bei gleichem Kraftaufwand Schritt halten wollte, müsste ein ganz gewaltiger Riese sein.

Bergauf ist der Vortheil für den Fahrer weniger beträchtlich, da er nicht, wie der Fussgänger, blos die Last seines Körpers, sondern auch noch das Gewicht seines Rades auf die Höhe heben muss. Wiegt der Fussgänger, wie der Fahrer, 80 kg, so braucht der Fussgänger bei einer Steigung von 3% bergauf für 1 km 8400 mkg, während der Fahrer bei gleicher Geschwindigkeit und Arbeitsgrösse eine Steigung von 6% nehmen könnte. Erst bei einer Steigung von 13 ⅓ % wird die Arbeit des gleichschweren Fahrers und Fussgängers gleich.

Demgegenüber hat der Fussgänger den Vortheil, dass er sein Tempo in jedem gewünschten Grad verlangsamen kann, wozu der Radfahrer nicht im Stande ist, da bei zu langsamer Fahrt das Rad umstürzen würde. Der Record der langsamsten Fahrt beträgt jetzt 600 m in 28 Min. Der Fussgänger kann daher Steigungen und Stärken des Gegenwindes überwinden, die für den Fahrer unbezwingbar bleiben.

Will man bestimmen, welche Leistung sich ein Radfahrer zumuthen darf, so geht man am besten von einem Vergleich mit der Länge der Fusswanderung aus, die der Betreffende noch ohne Anstrengung zu leisten vermag. Marschirt jemand in der Ebene in 3 Stunden eine Strecke von 18 km ohne Beschwerden, so bringt er in dieser Zeit 108000 mkg auf oder in der Secunde 0,133 HP. Die gleiche Arbeit in der gleichen Zeit darf sich auch der geübte Fahrer, ohne eine Gesundheitsschädigung befürchten zu müssen, erlauben. Nach Schema A entspricht bei aufrechter Haltung ein Arbeitsaufwand von 0,133 HP. einer Fahrgeschwindigkeit von 4 m. Bei Windstille erfordert dann 1 km in der Ebene 2500 mkg. Mit 108000 mkg können somit in 3 Stunden 43,2 km gefahren werden. Keinesfalls ist es aber zulässig, zur Umrechnung nur die Zahl der Meterkilogramme zu beachten und die Marschzeit zu vernachlässigen. Wollte der Fahrer z. B. diese Arbeitsmenge in ¼ Stunde verbrauchen, so würde das 1,6 HP. entsprechen. Das ist eine Leistung, die nur

der geübteste Rennfahrer während eines Bruchtheils einer Minute durchzuführen vermöchte. Ich habe zur bequemeren Berechnung deshalb in dem Schema überall die Arbeit für 1 km nicht nur in Meterkilogrammen, sondern auch daneben stets in Pferdekräften (HP.) angegeben.

Man würde daher, wenn man bestimmen soll, wie weit Jemand radfahren darf, seine Verordnung folgendermaassen treffen können:

> Herr ..... marschirt in 3 Stunden ohne Anstrengung 18 km. Das erfordert 108 000 mkg oder in 1 Sec. 0,133 HP. Er darf nach Schema A daher bei aufrechter Haltung fahren: In der Ebene bei Windstille 4 m schnell und 43,2 km weit (1 km in 4 1/6 Minuten). In der Ebene bei einem Gegenwind *V* von 3 m nur 3 m schnell und 29 km weit (1 km in 5 1/2 Minuten).

Um die Umrechnung des Fussmarsches in Fahrleistung noch weiter zu erleichtern, habe ich in Schema C nebeneinander gestellt, welche Fahrstrecken einem Fussmarsch von 1 bis 80 km bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1 bis 10 m entsprechen. Zugleich habe ich auch die entsprechende Leistung beim Bergsteigen mit aufgenommen, wobei eine Wegesteigung von 3% zu Grunde gelegt ist. Die letzte Spalte gibt noch an, wie viel Meterkilogramme für diese drei gleichen Leistungen aufzubringen sind.

Am besten erlaubt man nur Fahrgeschwindigkeiten bis zu 4 m. Man kann die Fahrstrecken sofort aus Schema C ablesen. Man verfährt am einfachsten so, dass man die Fahrstrecke direct für 4 m Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Eine Ueberanstrengung wird so sicher vermieden, da sich bei geringeren Fahrgeschwindigkeiten noch grössere Fahrstrecken ergeben würden. Will man die Fahrgeschwindigkeit aber erst aus der Marschleistung bestimmen, so berechnet man den Fussmarsch in Pferdekräften und sucht für diese in A die entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten auf.

Will man eine Fahrgeschwindigkeit von 4 m erlauben, so entspricht nach Schema C ein Marsch von 18 km einer Fahr-

leistung von 43,2 km (nämlich für 10 km Marsch = 24 km Fahrt, und für 8 km Marsch noch 19,2 km Fahrt), wie auch oben die directe Berechnung ergab.

Das gewählte Beispiel von 18 km Marsch und sein Analogon für den Radfahrer entspricht auch ungefähr dem, was man als mittlere Leistung des Radfahrers in der Ebene ansehen kann. Etwas abgerundet wäre das eine Fahrgeschwindigkeit von 4 m und eine Fahrstrecke von 40 km täglich. Das ist eine Leistung, die auch von radfahrenden Damen vielfach erreicht wird.

Selbstverständlich darf der Arzt nur die Fahrt bei aufrechter Haltung erlauben und gestattet am besten anfangs überhaupt nicht die Fahrt bergan. Will oder muss er aber doch Steigungen mit zulassen, so berechnet man die Steigung am einfachsten als Gegenwind. In Schema D ist für die Steigung von 1 bis 10 % die Geschwindigkeit des Gegenwindes angegeben, der die gleiche Mehrarbeit, wie die betreffende Steigung verlangt. Will man den Fussmarsch von 18 km in 3 Stunden = 108000 mkg oder 0,133 HP. in eine Radfahrt umrechnen, deren Weg 2 % bergan führt, so ersieht man aus *D*, dass 2 % Steigung einem Gegenwind von 6 m gleichkommen. Bei einem Gegenwind V von 6 m entspricht in Schema A die Arbeit von 0,133 HP. etwa der Fahrgeschwindigkeit von 2 m (genau ist 0,14 HP. = 2 m). Der Kilometer erfordert bei $v = 2$, $V = 6$ 5500 mkg, die 108800 mkg reichen daher zu 19,6 km.

X. Die maximale Arbeitsleistung beim Radfahren.

Als mittlere Leistung eines Mannes nimmt man eine Arbeit an, die in einer Secunde ein Gewicht von 10 bis 11 kg 1 m hoch zu heben vermag oder 10 bis 11 mkg. Wird volle 8 Stunden durchgearbeitet, so entspricht das einer Tagesarbeit von 316000 mkg oder 0,144 HP.

Nach Macquorn Rankine kann ein Mann eine senkrechte Leiter mit einer Geschwindigkeit von 0,15 m 8 Stunden lang emporsteigen. Bei einem Körpergewicht von 75 kg ergiebt dies eine Tagesarbeit von 317250 mkg, durch die er sein eigenes Körpergewicht auf die Höhe von 4230 m emporhebt. Aus acht-

stündigem Treppensteigen berechnet Rubner eine Tagesarbeit von 302400 mkg, für die Wanderung zu Fuss täglich nur 216000 mkg. Ein geübter Fussgänger kann aber 60 km täglich zurücklegen = 360000 mkg, ein besonders trainirter wohl auch 70 bis 80 km. Das gäbe eine Maximalleistung von 420000 bis 480000 mkg. Ein zehnstündiger Marsch erfordert nach Rubner 378000, ein vierstündiger Marsch mit voller Belastung, wie sie z. B. ein kriegsmässig ausgerüsteter Soldat zu tragen hat, beansprucht 417000, nach Rühlmann bei einer Belastung von 30 kg sogar 418000 mkg. Ein Arbeiter an der Kurbel verbraucht täglich 352000 mkg.

Man kann daher für einen kräftigen, aber nicht eigens trainirten Mann eine Arbeit von 420000 mkg als Tagesmaximum annehmen.

Mit dieser Arbeitsmenge würde ein Radfahrer bei 6 m Fahrgeschwindigkeit in der Ebene, aufrechten Sitz und Windstille vorausgesetzt, pro Tag 112 km zurücklegen, bei Rennhaltung sogar 160 km und bei einer Verminderung der Fahrgeschwindigkeit auf 4 m 167 km und bei Rennhaltung 209 km. Der nichttrainirte Fahrer sollte daher 167 km in der Ebene und bei Windstille als Tagesfahrt nicht überschreiten, falls er wirklich einmal das Maximum leisten will. Als nicht zu grosse Leistung für 6 Stunden werden von anderer Seite 120 km angenommen. Die französische Armee verlangt für 6 Stunden 90 km.

Der trainirte Fahrer leistet sehr viel mehr. Das ersieht man aus den Weltrecorden. Zur Berechnung sind nur die Recorde in der Bahn, ohne Hilfe von Schrittmachern, aus dem Herbst 1896 benutzt.

Der 24 Stunden-Record in der Bahn ohne Schrittmacher stand am 6. Sept. 1896 auf 516 km 796 m. Das ist eine fast $2\frac{1}{2}$mal so grosse Strecke, als das oben gefundene Maximum des nichttrainirten Fahrers. Fährt der Fahrer die 24 Stunden ohne Pause durch, so ist die Geschwindigkeit 6 m und der Arbeitsverbrauch bei Rennhaltung 1 356 780 mkg. Wird, wie wohl meist erforderlich, während der 24 Stunden 2 Stunden Pause gemacht, so steigt die Fahrgeschwindigkeit auf 6,5 m und die Arbeits-

menge auf 1457587 mkg. Diese Arbeit ist 3 1/2 mal grösser, wie die bisher als maximal für einen kräftigen Mann angenommene. Sie entspricht 1/5 bis 1/4 HP. Die Anstrengung ist die gleiche, die nöthig wäre, 29152 Centnerstücke auf einen 1 m hohen Tisch an einem Tag zu heben.

Hiermit dürfte zum ersten Mal die bei äusserster Kraftanspannung und Uebung überhaupt erreichbare, maximale Tagesleistung eines Mannes auf Grund positiver Versuche genauer bestimmt sein. Sie beträgt fast 1 1/2 Millionen mkg.

Diese Arbeit entspricht 3425329 kleinen Calorien oder einer Wärmemenge, die 34 1/4 l eiskaltes Wasser zum Kochen zu bringen vermag. Zur Erzeugung dieser Wärme würden im Körper 835 g Eiweiss oder Kohlenhydrate, oder statt dessen 368 g Fett verbrennen müssen. Da der Körper von der in ihm erzeugten Wärme aber nur 1/5 in Arbeit zu verwandeln vermag, müssten an einem solchen Ruhetag 4 kg 175 g Eiweiss oder Kohlenhydrate, oder statt dessen 1 kg 840 g Fett im Körper verbrannt werden. Solche Nahrungsmengen wird der Körper aber während der Anstrengung einer Recordfahrt kaum verdauen und resorbiren können und wird deshalb in der Regel von seiner Körpermasse selbst ziemlich viel zusetzen müssen.

Verhältnismässig viel gewaltiger ist die Arbeit, die bei einer nur einstündigen, maximalen Anstrengung vom Fahrer aufgebracht wird. Der Stundenrecord in der Bahn ohne Schrittmacher steht auf 38 km 220 m. Das entspricht einer Fahrgeschwindigkeit von 10,6 m und einem Arbeitsaufwand von 192082 mkg oder etwa 0,7 HP.

Noch grösser wird die Arbeitsentfaltung bei dem Record über 1/3 km. Bei fliegendem Start, ohne Schrittmacher beträgt er 21,8 Secunden. Das ist eine Fahrgeschwindigkeit von 15,3 m und verlangt einen Arbeitsaufwand von 2938 mkg oder etwa 1 3/4 HP. Das dürfte die höchste, bisher erreichte Kraftentfaltung sein. Sie ist aber nur 1/3 Minute lang möglich. (Mit Hilfe von Schrittmachern wird beim Record über 1/3 km eine Fahrgeschwindigkeit von 17 m erreicht. Bei Rennhaltung ist dies eine Arbeit von 3507 mkg oder 2 1/3 HP., das kann ein Mensch allein

überhaupt nicht leisten. Noch weniger wäre dies bei aufrechter Haltung möglich, bei der 4½ HP. erforderlich sein würden.)

Die Recordleistungen ohne Schrittmacher für die Zeiten von ⅓ Minute, 1 Stunde und 1 Tag fallen also von 1¾ HP. auf ¾ und ¼ HP. ab. Die folgende Tabelle II und Curve II aller Recorde über ⅓ Minuten bis zu 36 Stunden ergibt noch deutlicher den Nachlass der Leistungsfähigkeit des Fahrers mit der Dauer der Fahrt. Allerdings sind diese Zahlen nur für die Fahrt mit Schrittmachern vollständig bekannt und daher hier benutzt:

Tabelle II.

Record über	Kilometer pro Stunde	Fahrgeschwindigkeit v	Meter-Kilogramm pro Stunde	HP
⅓ Minute . .	60 km — m	16,66	606 660	2,25
1 Stunde . .	50 » 420 »	14,00	385 432	1,4
2 Stunden . .	46 » 265 »	12,8	307 089	1,1
3 » . .	44 » 603 »	12,4	281 987	1,0
4 » . .	43 » 076 »	11,9	255 930	0,94
5 » . .	42 » 270 »	11,7	244 873	0,9
6 » . .	41 » 538 »	11,5	234 602	0,87
12 » . .	38 » 641 »	10,7	196 789	0,72
18 » . .	36 » 756 »	10,2	175 147	0,63
24 » . .	35 » 796 »	9,9	163 791	0,6
36 » . .	24 » 514 »	6,8	72 423	0,28

(Curve II siehe Tafel V.)

Die Curve lehrt, dass die Kraftentfaltung des Fahrers von dem Maximum, das er in ⅓ Minute zu erzielen vermochte, in der ersten Stunde ganz gewaltig absinkt. Allmählich wird dann der Nachlass der Leistung geringer, aber erst von der 4. Stunde ab tritt ein mehr gleichmässiger und langsamerer Abfall der Kräfte ein. Während so bis zur 24. Stunde die Ermüdung langsam zunimmt, erfährt sie eine sehr erhebliche Steigerung, sobald die Fahrt über 24 bis zu 36 Stunden ausgedehnt wird.

Der Rennfahrer ohne Schrittmacher übertrifft mit seiner maximalen Geschwindigkeit von 15,3 m sowohl das galoppirende Pferd, das 8,3 m in der Secunde zurücklegt, wie den schnellsten

Wettläufer mit 7,5 m und das Rennboot, das bei schnellster Fahrt 4,5 m erreicht. Der schnellste Eilzug auf der Strecke Erie—Buffalo—Creek legt 32,4 m in der Secunde zurück und hat somit eine etwas mehr als doppelt so grosse Geschwindigkeit, wie der Rennfahrer.

XI. Resultate.

1. Die Arbeit beim Radfahren setzt sich im Wesentlichen aus 4 Faktoren zusammen: a) Aus der Arbeit zur Ueberwindung der Reibung, b) zur Ueberwindung etwaiger Steigung, c) zur Ueberwindung der Trägheit oder des Beharrungsvermögens, d) zur Ueberwindung des Luftwiderstandes und etwaigen Gegenwindes.

2. Bei langsamer Fahrt erfordert die Reibung die Hauptarbeit, bei schneller aber der Luftwiderstand.

3. Die Reibung erfordert auf guter, ebener Strasse für das moderne Zweirad eine Arbeit, die $^1/_{66}$ ($= b$) des Gesammtgewichts p von Rad plus Fahrer um die Länge der Fahrstrecke s senkrecht emporheben würde, also ($^1/_{66}$) ps Meterkilogramme $=$ bps mkg. Der Reibungscoëfficient b ist für das Zweirad $^1/_{66}$, für das Dreirad $^1/_{55}$.

4. Steigt der Weg um 1 % bergan, so ist neben der Arbeit für die Reibung noch ein Plus an Arbeit für die Steigung nöthig, das $^1/_{88}$ ($= i$) des Gesammtgewichts p um die Länge der Fahrstrecke senkrecht emporheben würde, also noch ($^1/_{88}$) $ps = ips$ mkg, bei einer Steigung von x % aber $x/88\ ps = xips$ mkg. Diese Arbeit wird im Rad aufgespeichert und bergunter als treibende Kraft $=$ ($-xips$) unverkürzt wiedergewonnen.

5. Um dem ruhenden Rad die Geschwindigkeit v zu ertheilen, muss die Arbeit von $\frac{pv^2}{2\,g}$ aufgebracht und dadurch die Trägheit oder das Beharrungsvermögen des Rades überwunden werden. Diese Arbeit wird im Rad als lebendige Kraft aufgespeichert und am Schluss der Fahrt als Triebkraft wieder gewonnen. Die Beschleunigung durch die Schwere g ist etwa 10 m.

Diese Arbeit wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit und ist bei 10 mal schnellerer Fahrt 100 mal grösser. — Bei einer Beschleunigung der Fahrgeschwindigkeit v um a m ist diese Arbeit zur Erzielung der Geschwindigkeit von $(v + a)$ m $= \frac{p(v+a)^2}{2g}$. Die Beschleunigung a verlangt für die Trägheit ein Plus von $\frac{p(2va + a^2)}{2g}$ mkg, ebenso viel wird bei einer Verlangsamung der Fahrt von $(v + a)$ auf (v) Meter als Triebkraft gewonnen.

Steht das Rad am Anfangspunkt einer Rennfahrt, dem Start, still, so wird mit stehendem Start gefahren und es muss im Beginn der Fahrt die Arbeit für die Trägheit mit aufgebracht werden. Beim fliegenden Start, wo das Rad am Start schon in voller Fahrt ist, braucht diese Arbeit nicht mehr mit aufgebracht zu werden. Der fliegende Start ergibt daher bessere Recordzeiten.

6. Ist die Fahrgeschwindigkeit bei Windstille $= v$, so trifft die zu durchschneidende Luft als künstlicher Gegenwind die etwa $1/2$ qm grosse Vorderfläche des erwachsenen Fahrers und übt auf sie einen Druck von $(1/2)\ kv^2 = (1/16)\ v^2$ kg. Hierbei bezeichnet $(k) = 1/8$ den Coëfficienten des Winddruckes. Der Luftwiderstand erfordert daher auf der Fahrstrecke s zur Ueberwindung eine Arbeit von $(1/16)\ v^2 s$ mkg. Der Rennfahrer setzt bei seiner stark vorwärts gebeugten Haltung nur eine halb so grosse Fläche der Luft entgegen und braucht $(1/32)\ v^2 s$ mkg, um sie zu durchbrechen. Bei langsamster Fahrt entfällt auf den Luftwiderstand nur $1/30$ der übrigen Arbeit, bei schnellster Fahrt aber das 7 fache und bei aufrechter Haltung sogar das 10—13 fache.

Die Schrittmacher überwinden den grössten Theil des so bedeutenden Luftwiderstandes für den ihnen unmittelbar folgenden Fahrer und können ihm dadurch bis zu $2/3$ seiner gesammten Arbeit abnehmen. Ohne Schrittmacher kann ein Fahrer höchstens eine Kraft von $1\,3/4$ Pferdekräften (HP) aufbringen, mit Schrittmachern leistet er $2\,1/3$ HP.

7. Herrschender Gegenwind von der Geschwindigkeit (V) vermehrt den Luftwiderstand um gleich viel, wie eine Beschleunigung der Fahrgeschwindigkeit v um V. Die Gesammtarbeit zur Ueberwindung des Luftwiderstandes wird bei Gegenwind $(^1/_{16}) \cdot (v + V)^2 s$ mkg. Umgekehrt vermindert ein treibender Wind (V) den Luftwiderstand ebenso stark, wie eine Fahrtverlangsamung um V Meter. Bei treibendem Wind verlangt der Luftwiderstand $(^1/_{16})\,(v - V)^2 s$ mkg. Je nach der Windrichtung muss daher zur Ueberwindung des Luftwiderstandes eine Arbeit von $(^1/_{16})\,(v \pm V)^2 s$ mkg aufgebracht werden.

8. Durch das Bremsen wird lebendige Kraft des Rades vernichtet. Wirkt eine Gummibremse auf das Gummi des Vorderrades, ist der Reibungscoëfficient zwischen Gummi und Gummi $(f) = {}^1/_2$, und wirkt der Druck der Hand (M) auf den längeren Schenkel des Bremshebels H, der doppelt so lang ist, wie der kürzere h, an dem die Bremse befestigt ist, und soll die Bremsung auf der Strecke l zur Ausführung kommen, so ist die durch das Bremsen zu leistende Arbeit dann $= \frac{pv^2}{2g} = f \cdot M \frac{H}{h} . l = Ml$. Hat das Vorderrad den Radius r und soll die Bremsung während n Umdrehungen dieses Rades ausgeführt sein, so ist $l = n \cdot 2 r \pi$ und die Arbeit der Bremse $= f \cdot M \frac{H}{h} . n \cdot 2 r \pi$. Der Druck der Hand ist $M = \frac{pv^2}{2gl}$ oder $\frac{pv^2 \cdot h}{2g \cdot f \cdot H \cdot n \cdot 2 r \pi}$.

9. Die Gesammtarbeit A für die Fahrstrecke s ist somit

$$(b \pm xi)\,ps + \frac{pv^2}{2\,g} + (^1/_2)\,k\,(v \pm V)^2 s \text{ mkg.}$$

Ist die Länge der Pedalstange c, und bewirkt bei der üblichen Uebersetzung ($ü$) eine Pedalumdrehung n Umdrehungen des Vorderrades, so muss der Fuss mit einer Kraft q von $\frac{A \cdot nr}{s \cdot c}$ $= \frac{A \,.\, 1{,}27 \cdot ü}{s \,.\, c}$ kg tangential auf die Pedale einwirken.

10. Die Strecke, die Jemand zu Fuss ohne Anstrengung zurückzulegen vermag, erlaubt eine Berechnung der Fahrstrecke,

die sich der Betreffende zumuthen darf. 1 km Marsch erfordert in der Ebene 6000 mkg. Die Berechnung des Gesammtmarsches in Meterkilogramm und die Umrechnung auf die Leistung in 1 Sek. oder in Pferdekräfte lässt nach Schema A die Fahrstrecke berechnen oder aus Schema C direct ablesen. Es dürfen nur Leistungen einander gleich gesetzt werden, die gleiche Pferdekräfte beanspruchen. Es würde rationeller sein, die Recorde nicht nach Fahrzeiten, sondern nach der Arbeitsleistung in Meterkilogrammen oder noch besser in Pferdekräften zu rechnen.

11. Wer das Fahren nur zur Erholung oder zum Vergnügen, aber nicht als Sport betreibt, geht am besten über eine Fahrgeschwindigkeit von 4 m, eine Fahrstrecke von 40—50 km in der Ebene pro Tag und eine Steigung von 3 % nicht hinaus. Als höchste Tagesleistung darf sich ein nicht trainirter Fahrer ausnahmsweise bis 168 km gestatten, entsprechend der Tagesarbeit eines kräftigen Arbeiters von 420000 mkg.

Die maximale Fahrleistung geübtester Rennfahrer beträgt z. Z. ohne Schrittmacher in der Bahn:

für 24 Stunden	= 516 km	796 m	= 1457587 mkg	=	1/5—1/4 HP,	
» 1 Stunde	= 38 »	220 »	= 192082 »	=	3/4	»
» 1/3 Minute	= — »	333 »	= 2938 »	=	1 3/4	» .

12. Die Arbeitsleistung des Radfahrers lässt im Lauf der ersten Stunde ganz gewaltig und auch noch in der 1.—4. Stunde bedeutend nach, um dann bis zur 24. Stunde gleichmässig, aber langsamer noch zu sinken. Eine schnellere Zunahme erfährt die Ermüdung dann wieder, wenn man die Fahrt auf 36 Stunden ausdehnt.

———— —

Schema des Kraftverbrauchs beim Radfahren.

Vorbemerkungen.

w = Gewicht des Zweirades.
W = Gewicht des Fahrers.
p = Gesammtgewicht von Rad plus Fahrer ($w + W$), hier = 100 kg.
v = Fahrgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde.
a = Beschleunigung der Fahrgeschwindigkeit in Metern.
s = Fahrstrecke in Metern, hier = 1000 m = 1 km.
b = Coëfficient der Reibung zwischen Rad und Boden, hier = $^1/_{66}$.
$+V$ = Geschwindigkeit etwaigen Gegenwindes.
k = Coëfficient des Winddrucks = $^1/_8$.
kv^2 = Winddruck auf 1 qm Fläche in Kilogrammen.
$-V$ = Geschwindigkeit etwaigen, treibenden Windes.
x = x % Steigung des Weges.
i = Coëfficient der Steigung, hier = $^1/_{88}$, bergauf (+), bergab (—).
g = Beschleunigung durch die Schwerkraft = 10 m.
mkg = 1 Meterkilogramm, die Arbeit, die 1 kg 1 m hoch hebt.
HP = Pferdekraft, eine Arbeit von 75 mkg in 1 Sekunde.
1 km Fussmarsch = 6000 mkg.

Die Arbeit zur Ueberwindung der Trägheit des Rades = $\frac{pv^2}{2g}$, hier = $\frac{100 \cdot v^2}{2 \cdot 10} = 5 \cdot v^2$.

» » » » der Reibung auf 1 km = bps, hier $^1/_{66} \cdot 100 \cdot 1000 = 1500$ mkg.

» » » » der Steigung auf 1 km bergauf = $+ xi \cdot ps$, hier = $+ x \cdot {}^1/_{88} \cdot 100 \cdot 1000 = + x \cdot 1125$ mkg,

» » » » der Steigung auf 1 km bergab = $- xi \cdot ps$, hier = $- x \cdot {}^1/_{88} \cdot 100 \cdot 1000 = - x \cdot 1125$ mkg.

» » » » des Luftwiderstandes auf 1 km bei aufrecht. Haltung $^1/_2\, kv^2s = {}^1/_{16}\, v^2s = \frac{v^2}{16} \cdot 1000 = 62{,}5\, v^2$.

» » » » des Luftwiderstandes auf 1 km bei Rennhaltung $^1/_4\, kv^2s = {}^1/_{32}\, v^2s = \frac{v^2}{32} \cdot 1000 = 31{,}25\, v^2$.

Die Arbeit zur Ueberwindung des **Luftwiderstandes** auf 1 km bei gleichzeitigem **Gegenwind** $= {}^1/_{16} \cdot (v + V)^2 s = 62{,}5\ (v + V)^2$.

» » » » des **Luftwiderstandes** auf 1 km bei gleichzeitigem **Gegenwind** u. Rennhaltung $= {}^1/_{32}\ (v + V)^2 s = 31{,}25\ (v + V)^2$.

» » » » des **Luftwiderstandes** bei **treibendem Wind** $= {}^1/_{16}\ (v - V)^2 s = 62{,}5\ (v - V)^2$.

» » » » des **Luftwiderstandes** bei **treibendem Wind** und Rennhaltung $= {}^1/_{32}\ (v - V)^2 s = 31{,}25\ (v - V)^2$.

Die **Gesammtarbeit** $= bps \pm xips + {}^1/_2$ (bei Rennhaltung ${}^1/_4$) $k\ (v \pm V)^2 s$,

» » **für 1 km** $=$ **1500** $\pm$ **x · 1125 + 62,5 (oder bei Rennhaltung 31,25)** $(v + V)^2$ **mkg.**

hierzu für den ersten Kilometer noch $\frac{pv^2}{2\,g} = 5\ v^2$.

Schema A enthält für aufrechte Haltung, B für stark vorwärts gebeugte Rennhaltung in der grossen Hauptrubrik die in der Ebene für 1 km erforderliche Arbeit in Meterkilogrammen und Pferdekräften (HP). Sie besteht aus der Arbeit für die Reibung (${}^1/_{66}$) ps = 1500 mkg und der Arbeit zur Ueberwindung des Luftwiderstandes in Folge der Fahrgeschwindigkeit (v) und des Gegenwindes (V) $=$ (${}^1/_{16}$) $(v + V)^2 s$. (Eine Fahrgeschwindigkeit von $v = 16$ m erfordert die gleiche Arbeit von 17500 mkg, wie eine Fahrt von $v = 10$ m bei einem Gegenwind von $V = 6$ m, hingegen sind beide Leistungen in Pferdekräften ausgedrückt, sehr verschieden, denn $v = 16$ m erfordert 3,733 HP, aber $v = 10 + V = 6$ m nur 2,333 HP).

Die Längsspalte rechts giebt an wieviel Meterkilogramme bei einer Steigung des Weges von 1—10% zu der Arbeit, die 1 km in der Ebene erfordert, noch hinzugefügt werden müssen.

Die unterste Querspalte enthält die Arbeit, die für den ersten Kilometer zur Ueberwindung der Trägheit, bei der Fahrgeschwindigkeit v von 1—17 m, noch hinzuzufügen ist.

Schema C gibt an, welche Arbeit ein Marsch von 1—80 km in der Ebene erfordert, und wie viel Kilometer mit der gleichen Arbeit der Radfahrer in der Ebene bei einer Fahrgeschwindigkeit (v) von 1—17 m zurücklegen kann, und wie viel bergauf bei 3% Steigung zu Fuss mit dieser Arbeit marschirt werden kann. Die nicht mitaufgeführten Zahlen werden durch Addition der vorhandenen erhalten. (37 km Fussmarsch entsprechen einer Radfahrt bei 3 m Fahrgeschwindigkeit von (30 km Marsch = 87,27 + 7 km Marsch = 20,36) = 107,63 km). Um die Fahrgeschwindigkeit zu ermitteln, berechnet man den Marsch in Pferdekräften (6 km Marsch in 1 Stunde erfordern 36000 mkg, in 1 Sekunde also 10 mkg = 0,133 HP) und liest in Schema A für diese Pferdekraft die entsprechende Geschwindigkeit ab, für 0,133 HP ist also $v = 4$ m.

Soll bergan gefahren werden, so drückt man die Steigung nach Schema D in Gegenwind (V) aus und benutzt zur Feststellung der Fahrgeschwindigkeit die entsprechende Rubrik (V) in Schema A.

A. Bei aufrechtem Sitz

braucht ein erwachsener Fahrer auf dem Zweirad, wenn Rad + Fahrer = 100 kg = p wiegen, **für 1 Kilometer** (s) folgende Arbeit in Meterkilogrammen (mkg) oder Pferdekräften (HP):

In der Ebene: $\frac{1}{66} ps + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} (v+V)^2 s = 1500 + 62{,}5\,(v+V)^2$ mkg.

Bei einer Geschwindigk. des **Gegenwindes** von V Metern in 1 Sec.		Bei einer **Fahrgeschwindigkeit** von v Metern in 1 Secunde: v = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17m in 1 Sec.	
Windstille	V = 0	1 562 0,02	1 750 0,046	2 062 0,082	2 500 0,133	3 062 0,204	3 750 0,301	4 562 0,425	5 500 0,586	6 562 0,789	7 750 1,033	9 062 1,327	10 500 1,686	12 062 2,088	13 750 2,58	15 562 3,14	17 500 3,73	19 562 4,43	mkg HP.
	1	1 750 0,023	2 062 0,05	2 500 0,10	3 062 0,163	3 750 0,25	4 562 0,36	5 500 0,51	6 562 0,7	7 750 0,93	9 062 1,21	10 500 1,53	12 062 1,93	13 750 2,38	15 562 2,92	17 500 3,53	19 562 4,17	21 750 4,93	
	2	2 062 0,027	2 500 0,06	3 062 0,12	3 750 0,2	4 562 0,3	5 500 0,44	6 562 0,61	7 750 0,82	9 062 1,08	10 500 1,4	12 062 1,76	13 750 2,2	15 562 2,69	17 500 3,28	19 562 3,95	21 750 4,64	24 062 5,45	Zu dem Werth in der Ebene sind noch zu addiren bei einer Steigung von 1—10%:
Schwach, bewegt Blätter	3	2 500 0,033	3 062 0,081	3 750 0,15	4 562 0,24	5 500 0,366	6 562 0,527	7 750 0,72	9 062 0,96	10 500 1,26	12 062 1,6	13 750 2,01	15 562 2,5	17 500 3,03	19 562 3,67	21 750 4,39	24 062 5,13	26 500 6,0	
	4	3 062 0,04	3 750 0,1	4 562 0,18	5 500 0,29	6 562 0,43	7 750 0,62	9 062 0,84	10 500 1,12	12 062 1,44	13 750 1,83	15 562 2,28	17 500 2,81	19 562 3,25	21 750 4,08	24 062 4,86	26 500 5,65	29 062 6,59	
	5	3 750 0,05	4 562 0,121	5 500 0,22	6 562 0,35	7 750 0,51	9 062 0,72	10 500 0,97	12 062 1,28	13 750 1,65	15 562 2,07	17 500 2,56	19 562 3,14	21 750 3,76	24 062 4,51	26 500 5,35	29 062 6,2	31 750 7,2	
	6	4 562 0,06	5 500 0,14	6 562 0,26	7 750 0,41	9 062 0,60	10 500 0,84	12 062 1,12	13 750 1,46	15 562 1,86	17 500 2,33	19 562 2,84	21 750 3,49	24 062 4,16	26 500 4,97	29 062 5,87	31 750 6,77	34 564 7,83	
Mässig, bewegt kleine Zweige	10	9 062 0,12	10 500 0,28	12 062 0,48	13 750 0,73	15 562 1,03	17 500 1,4	19 562 1,82	21 750 2,32	24 062 2,89	26 500 3,53	29 062 4,25	31 750 5,1	34 564 5,98	37 500 7,04	40 562 8,19	43 750 9,33	47 062 10,67	
Frisch, bewegt grössere Zweige	15	17 500 0,23	19 562 0,52	21 750 0,87	24 062 1,28	26 500 1,76	29 062 2,33	31 750 2,96	34 564 3,68	37 500 4,5	40 562 5,4	43 750 6,41	47 062 7,56	50 500 8,76	54 062 10,15	57 750 11,66	61 562 13,13	65 500 14,85	
Stark, bewegt schw. Stämme	20	29 062 0,38	31 750 0,84	34 564 1,88	37 500 2,0	40 562 2,7	43 750 3,51	47 062 4,38	50 500 5,38	54 062 6,49	57 750 7,7	61 562 9,02	65 500 10,52	69 562 12,04	73 750 13,84	77 062 15,56	82 500 17,6	87 062 19,74	
Sturm, entwurz. kleine Bäume	25	43 750 0,58	47 062 1,25	50 500 2,02	54 062 2,88	57 750 3,85	61 562 4,94	65 500 6,10	69 562 7,42	73 750 8,85	77 062 10,27	82 500 12,08	87 062 13,98	91 750 15,88	96 562 18,13	101 500 20,5	106 562 22,73	111 750 25,34	
	30	61 562 0,82	65 500 1,74	69 562 2,78	73 750 3,93	77 062 5,13	82 500 6,62	87 062 8,11	91 750 9,78	96 562 11,57	101 500 13,53	106 562 15,6	111 750 17,95	117 062 20,27	122 500 23,0	127 062 25,66	133 750 28,53	139 562 31,64	
Orkan, entwurz. grosse Bäume	40m in 1 Sec.	106 562 1,42	111 750 2,98	117 062 4,68	122 500 6,53	127 062 8,4	133 750 10,74	139 562 13,01	145 500 15,52	151 562 18,2	157 750 21,03	164 062 24,03	170 500 27,38	177 062 30,66	183 750 35,05	190 562 38,49	197 500 42,18	204 562 46,38	mkg HP.

Bei Steigungen für jed. % $= \frac{1}{88} ps$ = 1125 mkg

Zu dem Werth in der Ebene kommt noch bei einer

Steigung in % von	ein. Arbeit pro km in mkg von
1%	1125 mkg
2 »	2250 »
3 »	3375 »
4 »	450 »
5 »	5625 »
6 »	6750 »
7 »	7875 »
8 »	9000 »
9 »	10125 »
10 »	11250 »

Hierzu kommen **für den ersten Kilometer noch** $\frac{pv^2}{2g} = +\,5v^2$ mkg.

5	20	45	80	125	180	245	320	405	500	605	720	845	980	1125	1280	1445	mkg.

I. Beispiel: Ein Knabe von 48 kg Gewicht, auf einem Zweirad von 12 kg soll aufrecht sitzend in 4 Stunden 38 km bei 2% Steigung bergan und gegen einen Wind von 2 m Geschwindigkeit fahren. Er führt am Rad ein Gepäck von 6 kg Gewicht mit. Welche Arbeit muss er aufwenden?

Knabe, Rad und Gepäck wiegen zusammen $p = 66$ kg. In 4 Stunden fährt er 38000 m, in 1 Sekunde 2,6 m, v ist also = 2,6 m. Seine vom Wind getroffene Körperfläche betrage $\frac{1}{3}$ qm. Für 1 km braucht er zur Ueberwindung der Reibung = $\frac{1}{66} \cdot ps = (\frac{1}{66}) \cdot 66 \cdot 1000 =$ **1000 mkg.** Für den Luftwiderstand pro Kilometer braucht er, da $v = 2{,}6$ m und der Gegenwind $V = 2$ m ist, $\frac{1}{8}\,k\,(v+V)^2 s = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{8} \cdot (4{,}6)^2 \cdot 1000 = \frac{1}{24}\,(21{,}16)\,1000 =$ **881 mkg.** Die Steigung von 2% erfordert pro Kilometer $2 \cdot tps = 2 \cdot \frac{1}{66} \cdot 66 \cdot 1000 =$ **1500 mkg.** Insgesammt also für 1 km = 3381 mkg. Für 38 km = 128478. Hierzu kommen für den ersten Kilometer zur Ueberwindung der Trägheit noch $\frac{pv^2}{2g} = \frac{66 \cdot (2{,}6)^2}{2 \cdot 10} = 22$ mkg. Die Gesammtarbeit entspricht somit **128 500 mkg.**

B. Bei Rennhaltung

braucht ein stark vorwärts gebeugter, erwachsener Fahrer, der sammt Rad 100 kg = p wiegt, **für 1 Kilometer** (s) folgende Arbeit in Meterkilogrammen (mkg) oder Pferdekräften (HP):

In der Ebene: $\frac{1}{66} ps + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8} (v + V)^2 s = 1500 + 31{,}25 (v + V)^2$ mkg.

Bei einer Geschwindigk. des **Gegenwindes** von V Metern in 1 Sec. / Bei einer **Fahrgeschwindigkeit** von v Metern in 1 Secunde:

Wind	V =		v = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17 m in 1 Sec.
Windstille	0	mkg	1 581	1 625	1 781	2 000	2 281	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531
		HP.	0,02	0,043	0,071	0,106	0,152	0,21	0,29	0,373	0,482	0,616	0,773	0,963	1,174	1,431	1,728	2,026	2,38
	1	mkg	1 625	1 781	2 000	2 281	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625
		HP.	0,021	0,047	0,08	0,121	0,175	0,242	0,326	0,425	0,555	0,704	0,879	1,08	1,32	1,6	1,91	2,24	2,63
	2	mkg	1 781	2 000	2 281	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781
		HP.	0,023	0,053	0,091	0,14	0,2	0,285	0,374	0,493	0,634	0,8	0,993	1,224	1,477	1,784	2,127	2,48	2,89
Schwach	3	mkg	2 000	2 281	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000
		HP.	0,026	0,06	0,105	0,16	0,233	0,322	0,431	0,563	0,72	0,904	1,11	1,37	1,64	1,97	2,34	2,72	3,17
	4	mkg	2 281	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000	15 281
		HP.	0,03	0,07	0,12	0,186	0,267	0,371	0,492	0,639	0,814	1,01	1,25	1,52	1,82	2,18	2,58	2,98	3,46
	5	mkg	2 625	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000	15 281	16 625
		HP.	0,035	0,08	0,14	0,214	0,308	0,424	0,559	0,723	0,915	1,13	1,39	1,69	2,01	2,4	2,82	3,26	3,77
	6	mkg	3 013	3 500	4 013	4 625	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000	15 281	16 625	18 032
		HP.	0,04	0,093	0,16	0,257	0,352	0,481	0,632	0,813	1,02	1,26	1,54	1,86	2,21	2,62	3,28	3,54	4,08
Mässig	10	mkg	5 281	6 000	6 781	7 625	8 531	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000	15 281	16 625	18 032	19 500	21 031	22 625	24 281
		HP.	0,07	0,16	0,271	0,412	0,568	0,768	0,981	1,24	1,53	1,86	2,23	2,67	3,12	3,66	4,24	4,82	5,5
Frisch	15	mkg	9 500	10 531	11 625	12 781	14 000	15 281	16 625	18 032	19 500	21 031	22 625	24 281	26 000	27 781	29 625	31 531	33 500
		HP.	0,126	0,28	0,465	0,681	0,933	1,14	1,55	1,92	2,34	2,84	3,31	3,9	4,50	5,21	5,98	6,72	7,59
Stark	20	mkg	15 281	16 625	18 032	19 500	21 031	22 625	24 281	26 000	27 781	29 625	31 531	33 500	35 513	37 625	39 281	42 000	44 281
		HP.	0,203	0,443	0,722	1,04	1,4	1,81	2,26	2,77	3,33	3,95	4,62	5,38	6,14	7,06	7,93	8,96	10,04
Sturm	25	mkg	22 625	24 281	26 000	27 781	29 625	31 531	33 500	35 513	37 625	39 281	42 000	44 281	46 625	49 031	51 500	54 031	56 625
		HP.	0,301	0,647	1,04	1,58	1,97	2,53	3,12	3,78	4,51	5,23	6,15	7,11	8,07	9,2	10,4	11,52	12,84
	30	mkg	31 531	33 500	35 513	37 625	39 281	42 000	44 281	46 625	49 031	51 500	54 031	56 625	59 281	62 000	64 281	67 625	70 531
		HP.	0,42	0,89	1,42	2,0	2,61	3,37	4,12	4,97	5,88	6,86	7,91	9,09	10,26	11,62	12,98	14,42	16,0
Orkan	40 m in 1 Sec.	mkg	54 031	56 625	59 281	62 000	64 281	67 625	70 531	73 500	76 531	79 625	82 781	86 000	89 281	92 625	96 031	99 500	103 031
		HP.	0,724	1,563	2,37	3,3	4,28	5,43	6,57	7,84	9,19	10,61	12,12	13,81	15,46	17,39	19,4	21,22	23,36

Zu dem Werth in der Ebene sind noch zu addiren bei einer Steigung von 1—10%:

Bei Steigungen für jed. % = $\frac{1}{88} ps$ = 1125 mkg

Zu dem Werth in der Ebene kommt noch bei einer Steigung in % von	ein. Arbeit pro km in mkg von
1%	1125 mkg
2 „	2250 „
3 „	3375 „
4 „	4500 „
5 „	5625 „
6 „	6750 „
7 „	7875 „
8 „	9000 „
9 „	10125 „
10 „	11250 „

Hierzu kommen **für den ersten Kilometer noch** $\frac{pv^2}{2g} = + 5 v^2$ mkg.

5	20	45	80	125	180	245	320	405	500	605	720	845	980	1125	1280	1445 mkg.

II. Beispiel. **Ein Fahrer wiegt sammt Rad = 100 kg, er fährt in Rennhaltung 5 m (= v) schnell, gegen einen Wind (V) von 3 m Geschwindigkeit, 9 km weit, einen 3% steigenden Weg bergan.** Welche Arbeit hat er zu leisten? — — Bei v = 5 m, V = 3 m, p = 100 kg sind nach Schema B für 1 km in der Ebene 3500 mkg, hingegen für die 3proc. Steigung noch 3375, im Ganzen für 1 km = 6875 und für 9 km = 61875 mkg erforderlich. Hierzu für den ersten Kilometer bei v = 5 noch 125 mkg, insgesammt also 62000 mkg.

Welche Arbeit braucht der gleiche Fahrer **auf den Rückweg**? (also auch bei Rennhaltung, 5 m schneller Fahrt, 3% bergunter und von einem Wind von 3 m (V) getrieben?) — — Der durch die Fahrgeschwindigkeit v = 5 m erzeugte, künstliche Gegenwind wird durch den treibenden Wind (V) = 3 m, auf ($v - V$) = (5—3) = 2 m reducirt. Der Luftwiderstand entspricht also einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m bei Windstille. Nach B sind hierbei für 1 km = 1625, für 9 km = 14625, hierzu für die thatsächliche Fahrgeschwindigkeit v = 5 m noch für den ersten Kilometer 125, in Summe also 14750 mkg erforderlich. Durch den Fall des Weges von 3% gewinnt er pro Kilometer eine Triebkraft von 3375, für 9 km von 30375 mkg. Er braucht also keine Arbeit aufzuwenden, sondern erhält noch einen Ueberschuss an Triebkraft von — 15625 mkg. Diese sammt der lebendigen Kraft von 125 mkg, also 15750 mkg müssen durch Bremsen (M) auf der Strecke (l) von 9 km vernichtet werden. 15750 mkg = Ml = $M \cdot 9000$. M = 1,75 kg. Die Hand muss also während der ganzen Fahrt mit einem Druck (M) von **1,75 kg den Bremshebel drücken.**

C. Vergleichung der Leistung des Fussgängers mit der des Radfahrers.

Das Gewicht von Zweirad + Fahrer = 100 kg gesetzt.

Es entspricht:

ein **Fussmarsch** in der Ebene von	einer **Bergwanderung** bei 3% Steigung, 75 kg Körpergew. (1 km = 8250 mkg)	einer **Radfahrt** in der Ebene, ohne Gegenwind, bei **aufrechter Haltung** und einer Fahrgeschwindigkeit von *v* Metern in 1 Secunde von:										einer **Arbeit** in mkg von
		v = 1m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
km	km	km										mkg
1	0,727	3,93	3,42	2,9	2,4	1,95	1,6	1,32	1,09	0,91	0,71	6 000
2	1,45	7,86	6,85	5,81	4,8	3,91	3,2	2,65	2,18	1,82	1,54	12 000
3	2,18	11,79	10,28	8,72	7,2	5,87	4,8	3,97	3,27	2,74	2,32	18 000
4	2,90	15,72	13,71	11,63	9,6	7,83	6,4	5,3	4,36	3,65	3,09	24 000
5	3,63	19,65	17,14	14,54	12,0	9,79	8,0	6,62	5,45	4,57	3,87	30 000
6	4,36	23,58	20,56	17,45	14,4	11,75	9,6	7,95	6,54	5,48	4,64	36 000
7	5,08	27,51	23,99	20,36	16,8	13,71	11,2	9,27	7,63	6,39	5,41	42 000
8	5,81	31,44	27,42	23,27	19,2	15,67	12,8	10,60	8,72	7,31	6,19	48 000
9	6,54	35,37	30,85	26,18	21,6	17,63	14,4	11,92	9,81	8,22	6,96	54 000
10	7,27	39,31	34,28	29,09	24,0	19,59	16,0	13,25	10,9	9,14	7,74	60 000
12	8,72	47,17	41,13	34,9	28,8	23,5	19,2	15,9	13,08	10,96	9,28	72 000
15	10,9	58,96	51,42	43,63	36,0	29,38	24,0	19,87	16,35	13,71	11,61	90 000
20	14,54	78,62	68,56	58,18	48,0	39,18	32,0	26,5	21,8	18,28	15,48	120 000
25	18,17	98,27	85,7	72,72	60,0	48,97	40,0	33,12	27,25	22,85	19,35	150 000
30	21,81	117,93	102,84	87,27	72,0	58,77	48,0	39,75	32,7	27,42	23,22	180 000
40	29,08	157,24	137,12	116,36	96,0	78,36	64,0	53,0	43,6	36,56	30,96	240 000
50	36,35	196,55	171,4	145,45	120,0	97,95	80,0	66,25	54,5	45,70	38,70	300 000
60	43,62	235,86	205,68	174,54	144,0	117,54	96,0	79,5	65,4	54,84	46,44	360 000
70	50,89	275,17	239,96	203,63	168,0	137,18	112,0	92,75	76,3	63,98	54,18	420 000
80	58,16	314,48	274,24	232,72	192,0	156,72	128,0	106,0	87,2	73,12	61,92	480 000

D. Vergleich der Arbeit pro km für Steigung (x%) und Gegenwind (*V* ev. *a*).

Steigung (x%) = **Gegenwind** (*V*) oder Fahrbeschleunigung (*a*) bei aufrechter Haltung.		**Steigung** = **Gegenwind.**	
1%	4 m	6%	10½ m
2 »	6 »	7 »	11 »
3 »	7½ »	8 »	12 »
4 »	8½ »	9 »	13 »
5 »	9½ »	10 »	13½ »

III. Beispiel: Ein kräftiger Mann marschirt in 4 Stunden 26 km in der Ebene, welche Fahrt kann er bergauf bei 2% Steigung leisten, wenn er sammt Rad 100 kg wiegt, für aufrechte Haltung berechnet?

Die 26 km erfordern 156 000 mkg, in 1 Secunde werden 10,83 mkg oder 0,144 HP. verbraucht. Nach Schema D entspricht einer Steigung von 2% ein Gegenwind (*V*) von 6 m. Bei einem Gegenwind von 6 m ergibt Schema A für 0,144 HP. eine Fahrgeschwindigkeit (*v*) von 2 m. Bei 2 m Geschwindigkeit und einem Gegenwind von 6 m sind nach A für 1 km = 5500 mkg nöthig. Der Fusswanderer kann daher mit der verfügbaren Arbeit von 156 000 mkg **28,3 km** bei 2% Steigung bergauf fahren.

Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege.

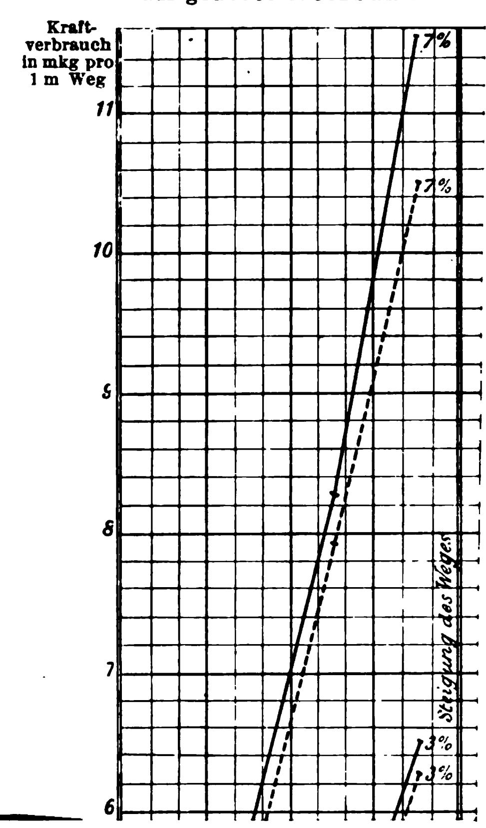
Nach einer Mittheilung des ständigen Sekretärs, Geh. Sanitätsrath Dr. Spiess in Frankfurt a. M., wird die diesjährige Jahresversammlung des Vereins in den Tagen des **14. bis 17. September** in **Köln** stattfinden, und sind zunächst folgende **Verhandlungsgegenstände** in Aussicht genommen:

1. Deutsches Seuchengesetz.
2. Ueber die Nothwendigkeit einer regelmässigen Beaufsichtigung der Benutzung der Wohnungen und deren behördliche Organisation.
3. Die bei der Reinigung städtischer Abwässer zur Anwendung kommenden Methoden.
4. Die öffentliche Gesundheitspflege im Eisenbahnbetrieb.

Altes Dreirad,

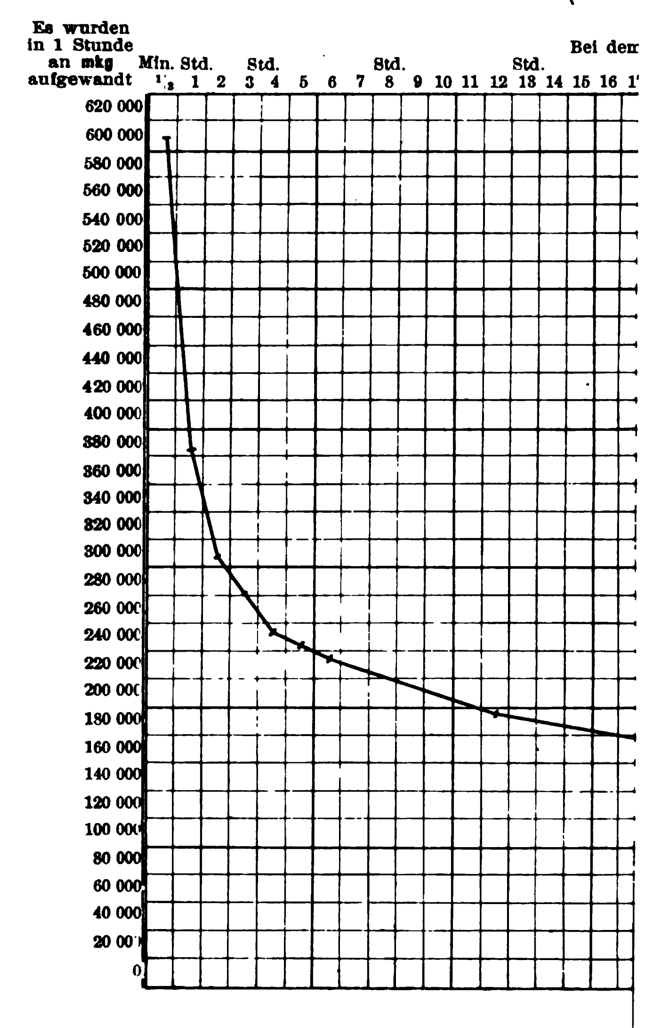
32 kg schwer, braucht an Kraft 18

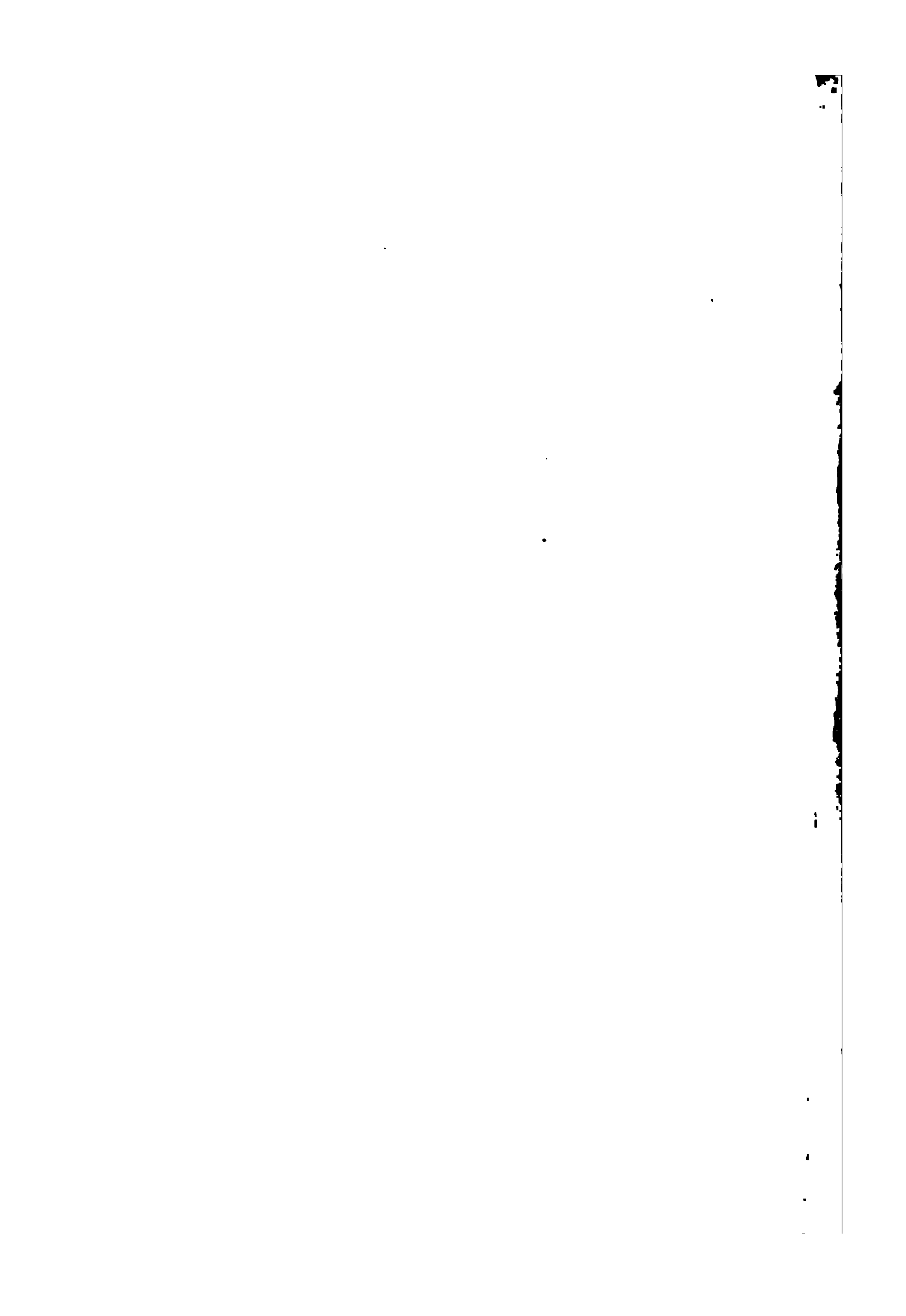
auf glatter Holzbahn:

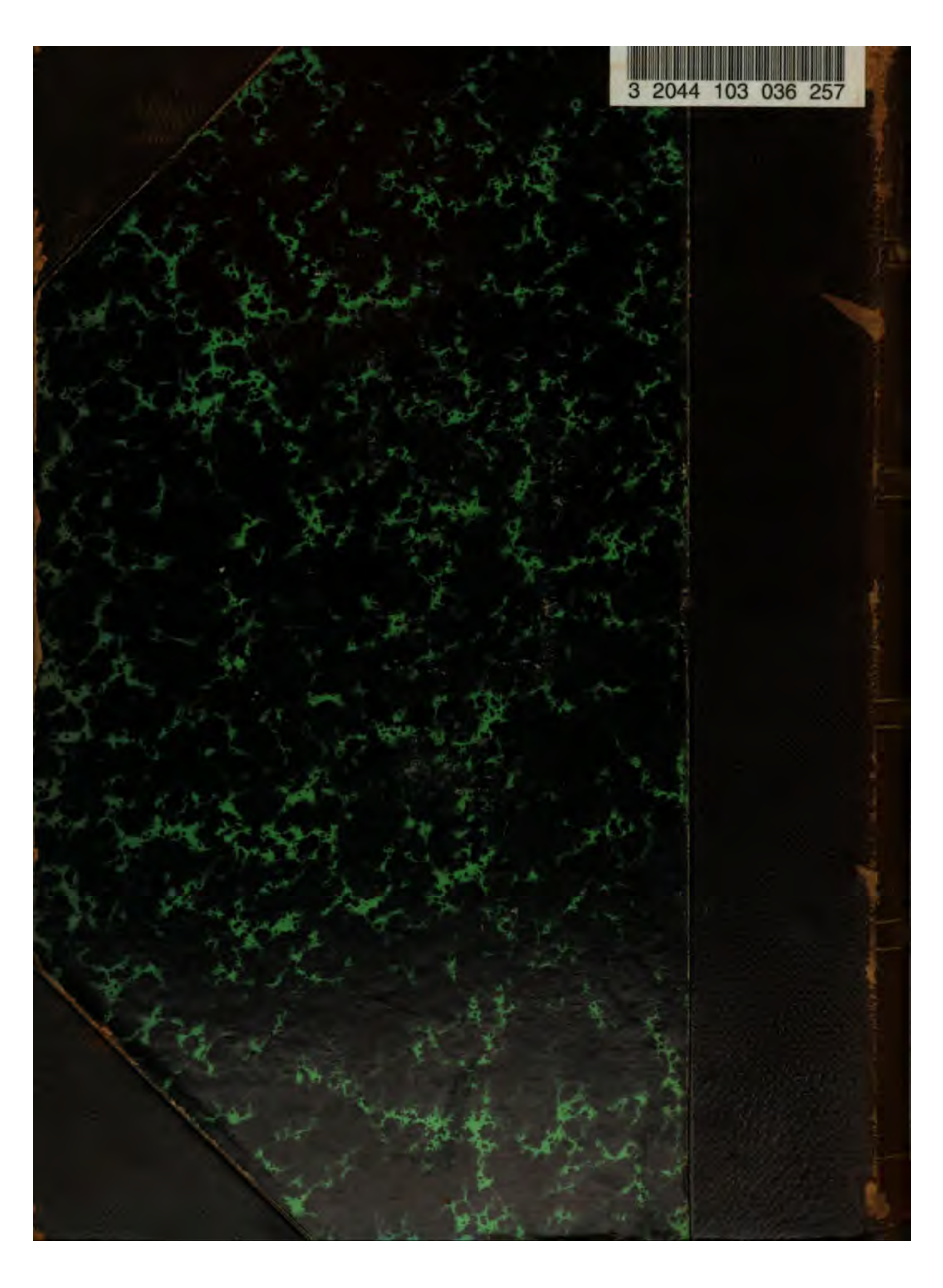


Die einstündige Fahrleistu

berechnet aus den Welt-Recorden (Ende






3 2044 103 036 257